

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»

УДК _____

допущено»

«До захисту

Завідувач кафедри

_____ О.В.Гондлях

« » _____ 2018р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 - Галузеве машинобудування

на тему: «Термопластавтомат з модернізацією інжекційного пристрою»

Виконав (-ла):

студент (-ка) 2 курсу, групи ЛП-71мп

Зарудна Т.С.

Науковий керівник

професор кафедри ХПСМ,
к.т.н., проф. Сівецький В.І.

Консультант з розділу модернізація

доцент каф. ХПСМ,
д.т.н., доц. Щербина В.Ю.

Консультант (ТМ та Е)

старший викладач кафедри ХПСМ,
Борщик С.В.

Рецензент

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відомих посилань

Студент (-ка) _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність – 133 - Галузеве машинобудування

Спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництва полімерних і будівельних матеріалів та виробів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В. Гондляр

« ____ »

2018 р

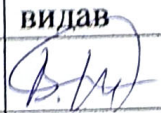

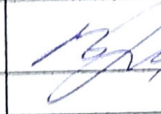
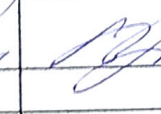
ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Зарудний Тетяні Сергіївні

1. Тема дисертації «Термопластавтомат з модернізацією інжекційного пристрою», науковий керівник дисертації Сівецький Володимир Іванович, к.т.н., професор, затверджені наказом по університету від «12» листопада 2018р. № 4139-с
2. Термін подання студентом дисертації 1. XII. 18.
3. Об'єкт дослідження Термопластавтомат з об'ємом вишину 63 см^3 .
4. Вихідні дані: Об'єм вишину 63 см^3 , номінальний тиск лиття 220 МПа , діаметр цув'ї 50 мм , номінальна густина замирення 2000 кг , перерізований матеріал марки LDFE 40T2; DOW Chemisac USA.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Вектор, опис конструкції базової машини для лиття під тиском, її складових частин та принципів дії, техн. карантеристика базової конструкції, літературний та коблотної перед стану питання, об'єднанням запропонованої модифікації автоматична система управління, саржен-проект Кі-серією техніко-економічних показників, оцінка праці

- розрахункового та графічного матеріалу та експлуатації:
5. Орієнтований перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Технічний
автомобіля з електродвигуном, пружного приводу, верстат
завантажувача, електронного управління, пружного, електронного
автомобіля з електродвигуном, пружного, електронного управління з електром.
системою управління двигуном, пружного, електронного управління на
підставі електронного управління, пружного, електронного управління на
підставі електронного управління.
7. Орієнтовний перелік публікацій: Використання інтелектуальних даних при проектуванні
машини. Розробка інтелектуального управління машиною
машини.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Наукові розробки, плагіат	Щербина В.Ю., доцент каф. ХПСМ		 (14)
Технологія монтажу та експлуатації	Борчик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання 03.09.2018
Календарний план

№	Назва етапів виконання дисертації	Строк виконання	Примітка
1	Виконання і узагальнення МД	3.09.18	Виконано
2	Вступ. Розробка та опис базової структури машини	1.10.18	Виконано
3	Розробка машини з електродвигуном	1.10.18	Виконано
4	Розробка машини з електродвигуном	10.10.18	Виконано
5	Розробка машини з електродвигуном	19.10.18	Виконано
6	Розробка машини з електродвигуном	1.11.18	Виконано
7	Розробка машини з електродвигуном	5.11.18	Виконано
8	Розробка машини з електродвигуном	6.11.18	Виконано
9	Розробка машини з електродвигуном	15.11.18	Виконано
10	Представлення МД на перевірку	1.12.18	Виконано

Студент Зарудна Інелена Сергіївна

Керівник Сивецький Володимир Іванович

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

ΔP - тиск, МПа;

$T_{інж}$ – температура розплаву в момент заповнення форми, °C ;

h – величина ходу черв'яка, м;

$V_{інж}$ – швидкість інжекції, м/с;

δ – товщина виробу, м;

α – коефіцієнт теплопровідності;

$T_{фор}$ – температура форми, °C ;

$T_{вир}$ – температура виробу, °C ;

$H_{ходу}$ – відстань між пів формами, м;

V – швидкість руху запираючого пристрою, м/с;

R_l – радіус литника, м;

n – кількість обертів черв'яка за хвилину, об/хв;

μ - в'язкість в каналі, Па · с,

α - коефіцієнт прямого потоку;

N_g – потужність затрачувана в зоні дозування, кВт;

$N_ч$ – потужність черв'яка, кВт;

η – КПД приводу, %;

P_n – максимальне зусилля на штоці гідроциліндра, Н;

U – максимальна швидкість переміщення штока, м/с;

P_p – питомий тиск, МПа;

S_k – площа поперечного перерізу колони, м².

РЕФЕРАТ

Термопластавтомат з модернізацією інжекційного пристрою: магістерська дисертація – другий вищий рівень освіти за освітньо-професійною програмою зі спеціальності «Галузеве машинобудування», гр. ЛП-71мп, ІХФ Зарудна Т. С., науковий керівник к.т.н., проф. Сівецький В.І.

Магістерська дисертація містить: 117 сторінок загального тексту, 8 креслень формату А1, 33 ілюстрації, 30 таблиць, 29 джерел інформації.

Метою проекту є удосконалення інжекційного пристрою. В результаті проведеної модернізації забезпечується покращення змішувальної ефективності машини, гомогенізації, якості виробу та продуктивності.

В магістерській дисертації розроблені розділи: автоматична система управління, стартап-проект і оцінка техніко-економічних показників модернізації, охорона праці та навколишнього середовища, виконано параметричні та теплові розрахунки, розрахунки на міцність а також розрахунки, що підтверджують працездатність. Креслення були зроблені за допомогою програми КОМПАС, розрахунки - за допомогою AutoLisp, Ansys та Moldflow. Результати розрахунків зведені в розрахунково-пояснювальну записку. До складальних креслень додаються специфікації. Наведено список використаної літератури.

Ключові слова:

ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ПРИСТРІЙ ІНЖЕКЦІЇ, ПОЛІМЕР, ЗАВАНТАЖЕННЯ МАТЕРІАЛУ, МЕХАНІЗМ ЗАПИРАННЯ ФОРМИ, ЗМІШУВАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ.

РЕФЕРАТ

Термопластавтомат с модернизацией инжекционного устройства: магистерская диссертация - второй высший уровень образования по образовательно-профессиональной программе по специальности «Отраслевое машиностроение», гр. ЛП-71мп, ИХФ Зарудная Т. С., научный руководитель к.т.н., проф. Сивецкий В.И.

Магистерская диссертация содержит 117 страниц общего текста, 8 чертежей формата А1, 33 иллюстрации, 30 таблиц, 29 источников информации. Целью проекта является усовершенствование инжекционного устройства. В результате проведенной модернизации обеспечивается улучшение смесительной эффективности машины, гомогенизации, качества изделия и производительности.

В магистерской диссертации разработаны разделы: автоматическая система управления, стартап-проект и оценка технико-экономических показателей модернизации, охрана труда и окружающей среды, выполнено параметрические и тепловые расчеты, расчеты на прочность а также расчеты, подтверждающие работоспособность. Чертежи были сделаны с помощью программы КОМПАС, расчеты - с помощью AutoLisp, Ansys и Moldflow. Результаты расчетов сведены в расчетно-пояснительную записку. К сборочным чертежам добавляются спецификации. Приведен список использованной литературы.

Ключевые слова:

ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ, УСТРОЙСТВО ИНЖЕКЦИИ, ПОЛИМЕР, ЗАГРУЗКА МАТЕРИАЛА, МЕХАНИЗМ ЗАПИРАНИЯ ФОРМЫ, СМЕСИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.

ABSTRACT

Injection molding machine with the modernization of the injection device: master's thesis - the second highest level of education in the educational and professional program in the specialty "Industrial Engineering", gr. LP-71mp, ICF Zarudnaya T.S., supervisor, Ph.D., prof. Sivetsky V.I.

The master thesis contains 117 pages of general text, 8 drawings of A1 format, 33 illustrations, 30 tables, 29 sources of information. The goal of the project is to improve the injection device. As a result of the modernization, improved mixing efficiency of the machine, homogenization, product quality and productivity are ensured.

In the master's thesis, the following sections were developed: automatic control system, start-up project and evaluation of technical and economic indicators of modernization, labor and environmental protection, parametric and thermal calculations, strength calculations and calculations confirming the performance. Drawings were made using the KOMPAS program, calculations using AutoLisp, Ansys and Moldflow. The results of the calculations are summarized in the settlement and explanatory note. Specifications are added to the assembly drawings. The list of references is given.

Key words:

THERMOPLASTING MACHINE, CASTING UNDER PRESSURE, INJECTION DEVICE, POLYMER, MATERIAL LOADING, FORM LOCKING MECHANISM, MIXING ELEMENTS.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

ΔP - тиск, МПа;

$T_{інж}$ – температура розплаву в момент заповнення форми, °C ;

h – величина ходу черв'яка, м;

$V_{інж}$ – швидкість інжекції, м/с;

δ – товщина виробу, м;

α – коефіцієнт теплопровідності;

$T_{фор}$ – температура форми, °C ;

$T_{вир}$ – температура виробу, °C ;

$H_{ходу}$ – відстань між пів формами, м;

V – швидкість руху запираючого пристрою, м/с;

R_l – радіус литника, м;

n – кількість обертів черв'яка за хвилину, об/хв;

μ - в'язкість в каналі, Па · с,

α - коефіцієнт прямого потоку;

N_g – потужність затрачувана в зоні дозування, кВт;

$N_ч$ – потужність черв'яка, кВт;

η – КПД приводу, %;

P_n – максимальне зусилля на штоці гідроциліндра, Н;

U – максимальна швидкість переміщення штока, м/с;

P_p – питомий тиск, МПа;

S_k – площа поперечного перерізу колони, м².

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОЇ МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ЇЇ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ	4
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ	6
3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ МОДЕРНІЗАЦІЙ	7
3.1 Аналіз літератури та патентів	7
3.2 Обґрунтування обраних модернізацій	17
4 АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ	18
4.1 Опис технологічного процесу лиття під тиском.....	18
4.2 Схема теплової автоматики литтєвої машини	19
4.3 Автоматизація температурного режиму роботи машини для лиття під тиском.....	20
4.3.1 Система автоматичного контролю	20
4.3.2 Автоматичне регулювання	20
4.4 Специфікація засобів автоматизації.....	21
5 СТАРТАП-ПРОЕКТ І ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ	27
5.1 Стартап-проект	27
5.1.1 Опис ідеї проекту	27
5.1.2 Технологічний аудит ідеї проекту	28
5.1.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	30
5.1.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	36
5.2 Оцінка техніко-економічних показників модернізації.....	41
5.2.1 Обґрунтування доцільності проведення модернізації.....	41

					ЛП71мп.047146.01-70ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Зарудна Т.С			Темопластавтомат з модернізацією інжекційного пристрою			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Сівецький В.І.								1	65
Керівник								КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.											
Затверд.		Гондляр О.В.									

5.2.2 Витрати на придбання елементів для модернізації обладнання	42
5.2.3 Витрати на складально-монтажні робіт	43
5.2.4 Розрахунок повних капітальні витрати по базовому обладнанню	44
5.2.5 Річна продуктивність обладнання	45
5.2.6 Поточні витрати.....	47
5.2.7 Оцінка ефективності модернізації.....	50
6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	51
6.1 Аналізи небезпечних та шкідливих факторів.....	51
6.2 Повітря робочої зони	52
6.3 Виробничий шум.....	53
6.4 Вібрація	53
6.5 Електробезпека.....	55
6.6 Надзвичайні ситуації.....	58
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	61
ДОДАТОК:	
таблиця	
«Перелік	
розглянутих	
патентів».....	63

ВСТУП

Лиття під тиском є одним з головних методів переробки полімерів в промисловості пластичних мас. Нині це дозволяє виготовляти високоякісні полімерні вироби, при відносній дешевизні продуктивності праці. Сьогодні третина всіх термопластичних матеріалів переробляється методом литтєвого формування, а половина всього обладнання для переробки пластмас це обладнання для лиття під тиском.

Пластикові відходи, з одного боку, є забруднювачі навколишнього середовища, а з іншого - є цінними ресурсами, потенційно придатними для вторинного використання та переробки [7]. Слід зауважити, що ринок відчуває дефіцит полімерної сировини, так як обсяг споживання пластмас щодня зростає. У зв'язку з цим питання безконтрольного і нераціонального поводження з відходами стоїть дуже гостро.

В роботі дипломного проекту розглядається литтєва машина з об'ємом вприску 63см³. Литтєва машина має деякі недоліки: наявність браку за рахунок недостатнього рівня гомогенізації. В базовій конструкції машини також використовується ручне завантаження матеріалу.

Основними напрямками модернізації машини для лиття під тиском є:

- підвищення продуктивності інжекційного пристрою;
- підвищення якості змішувальної дії інжекційного пристрою;
- збільшення експлуатаційної надійності;
- розширення технологічних можливостей пристрою.

Метою проекту є модернізація інжекційного пристрою, що призведе до усунення наведених недоліків, що в свою чергу збільшить продуктивність обладнання за рахунок зменшення часу вимушених простоїв, що в результаті підвищить продуктивність.

1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОЇ МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ЇЇ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

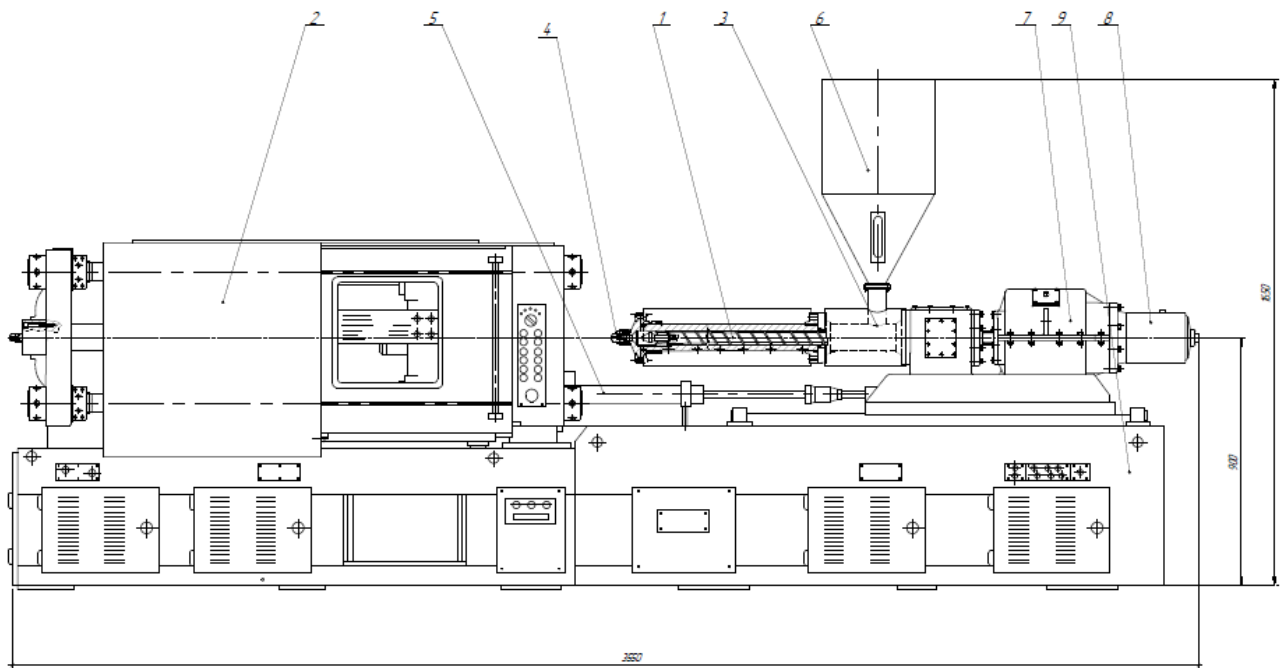
Опис базової конструкції машини і її складових частин приведені з [14].

Процес лиття під тиском складається з наступних технологічних операцій: дозування, нагріву і пластикації матеріалу, закриття і утримання в зімкненому стані форми на весь період лиття, упорскування під тиском у форму розплаву, витримки під тиском розплаву у формі, охолодження виробу у формі, розкриття форми і видалення з неї готових виробів.

Базовими вузлами машини для лиття під тиском (Рисунок 1.1) черв'ячного типу є інжекційний механізм 1 на базі черв'ячного пластикатора пристрою замикання-розмикання прес-форм 2.

Пристрій інжекції 1 встановлений на направляючих станинах з можливістю зворотно-поступального переміщення відносно пів-форми, закріпленої на розміщеній зі сторони інжекційного пристрою нерухомій плиті механізму замикання 2. Переміщення пристрою інжекції 1 для підводу і ущільнення сопла 4 матеріального циліндру з литниковою системою пів-форми, а також подальший його відхід від пів-форми здійснюється механізмом переміщення 5.

Операції підготовки (пластикація) і нагнітання матеріалу у форму (інжекція) виконується в пластикаційно-інжекційному матеріальному циліндрі черв'яком, який поряд з можливістю обертання має змогу переміщуватись в осьовому напрямі. Це забезпечується приводом обертового руху черв'яка, змонтованого на базі редуктору 7 з проміжним шліцевим валом і гідроциліндра 8 з вузлом опірною підшипника інжекційного руху – руху черв'яка в осьовому напрямку від завантажувального отвору до литникового каналу матеріального циліндру 1. Привід інжекційного руху черв'яка виконаний на базі кінцевого гідроциліндру, поршень, який має підшипниковий вузол осьового руху черв'яка, з'єднаний шліцевим проміжним валом з черв'яком.



1 – пристрій інжекції; 2 – пристрій змикання прес-форм; 3 – воронка завантажувальна; 4 – сопло; 5 – гідроциліндр підводу сопла; 6 – бункер; 7 – редуктор; 8 – гідроциліндр інжекції; 9 – станина

Рисунок 1.1 – Машина для лиття під тиском

За осьовим положенням черв'яка фіксується момент завершення набору потрібної порції. При цьому привід обертання черв'яка відключається, а здійснюється підвід інжекційного механізму 1 і вмикається привід інжекції 8, внаслідок чого черв'як швидко переміщується в напрямі литникового каналу, нагнітаючи матеріал у форму.

Недоліком даної машини для лиття під тиском є те, що інжекційний пристрій не забезпечує необхідний рівень гомогенізації полімеру, і як наслідок зменшення продуктивності.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Технічна характеристика машини приведена з [4].

Дана литтєва машина має таку технічну характеристику :

1. Найбільший об'єм впорскування, см ³	63
2. Номінальний тиск лиття, МПа	200
3. Номінальний діаметр черв'яка, мм	50
4. Найбільший хід черв'яка впорскування, мм	100
5. Частота обертання черв'яка, об/хв.	40-200
6. Номінальне зусилля запирання, кН	2000
7. Хід рухомої плити вузла запирання, мм	200
8. Відстань між колонами, мм:	
– горизонтальна	400
– вертикальна	300
9. Робочий тиск в гідросистемі, МПа	17
10. Габаритні розміри машини, мм:	
– довжина	3550
– ширина	1000
– висота	1650
11. Маса машини, кг	4500

3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ МОДЕРНІЗАЦІЙ

3.1 Аналіз літератури та патентів

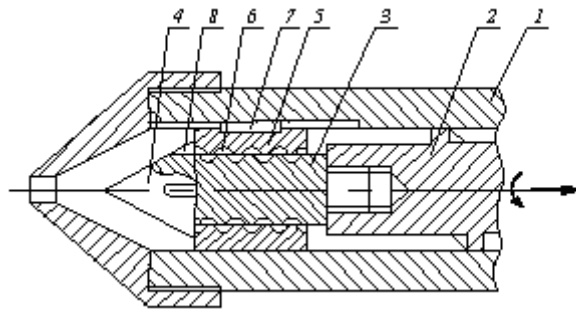
Під час пошуку було зроблено огляд технічної літератури з метою аналізу конструкцій і принципу дії литтєвої машини, її переваг і недоліків. З аналізу джерел [2-4, 7, 16] випливає, що в конструкції литтєвої машини виявлені такі її переваги як можливість виготовлення високоякісних виробів з різних полімерних матеріалів, при відносно невеликих затратах продуктивності праці; можливість робити вироби складної конфігурації з малою товщиною стінки, зі складною арматурою, із значною різницею товщин стінок, а також вироби, оформлювальні знаки яких потребують опори в обох половинах форми, так як не можуть бути надійно встановлені у відкритій формі. Недоліком даної машини для лиття під тиском є те, що інжекційний пристрій малопродуктивний, не забезпечує необхідну якість змішувальної дії, а також кільцевий клапан, який має втрати накопиченої порції полімеру за рахунок зворотнього тиску до гвинтового каналу шнека. Для покращення інжекції було проведено патентно-літературний огляд інжекційного механізму литтєвої машини. Для вибору варіанту модернізації вузла інжекції литтєвої машини знайдено 7 технічних рішень (див. Додаток) на основі патентів.

В роботах [10-12] пропонується конструктивне рішення по удосконаленню інжекційного механізму, а в технічних рішеннях [9, 13] – удосконалення системи завантаження.

Технічне рішення [10] вузла інжекції відрізняється тим, що втулка зафіксована відносно циліндра в радіальному напрямку, при цьому внутрішня поверхня втулки і зовнішня поверхня наконечника виконані з однаковим діаметром і мають поглиблення, які утворюють між собою канали для протікання полімеру, а в упорі виконані наскрізні канали.

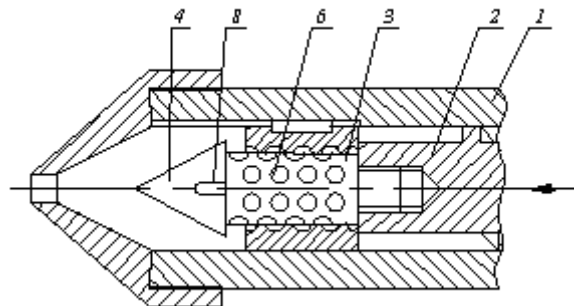
Суть модернізованої конструкції пояснюється кресленнями. На Рисунку 3.1 зображено інженкційний вузол в режимі набору порції та змішування. На Рисунку 3.2 – інженкційний вузол в режимі впорскування полімеру в форму.

При обертанні в циліндрі 1 шнека 2 розплав полімеру рухається крізь його гвинтову нарізку та пару втулка 5 – наконечник 3 (Рисунок 3.1) і накопичується перед ними. Кільцева втулка 5 при цьому тиском розплаву притиснута до упора 4.



1 – циліндр; 2 – шнек; 3 – наконечник; 4 – упор; 5 – втулка; 6 – поглиблення; 7 – шпонки; 8 – канали.

Рисунок 3.1– Інженкційний вузол в режимі набору порції та змішування



1 – циліндр; 2 – шнек; 3 – наконечник; 4 – упор; 5 – втулка; 6 – поглиблення; 7 – шпонки; 8 – канали.

Рисунок 3.2 – Інженкційний вузол в режимі впорскування полімеру в форму

Полімер потрапляє в зазор між втулкою 5 та торцем шнека 2, і заходить у канали, утворені поглибленнями 6 на поверхнях втулки 5 та наконечника 3. Під час обертання наконечника 3 разом зі шнеком 2 відбувається постійне з'єднання та роз'єднання поглиблень 6 між собою з утворенням в кожний момент часу нових конфігурацій каналів. При цьому полімер піддається інтенсивним зсувним деформаціям, зрізу, розділенням та злиттям невеликих об'ємів, що знаходяться в поглибленнях 6, що забезпечує якісне змішування.

Накопичена перед наконечником 3 порція полімеру впорскується до порожнини прес-форми за рахунок переміщення шнека 2 ліворуч (див. Рисунок 3.2).

При цьому тиск, що виникає в полімері перед наконечником, намагається повернути його до каналу шнека 2. Полімер, що знаходиться перед наконечником, діє на торцеву поверхню кільцевої втулки 5, притискає її до торця шнека 2 і перекриває рух розплаву до його каналу. Це запобігає зворотній течії полімеру до каналу шнека 2.

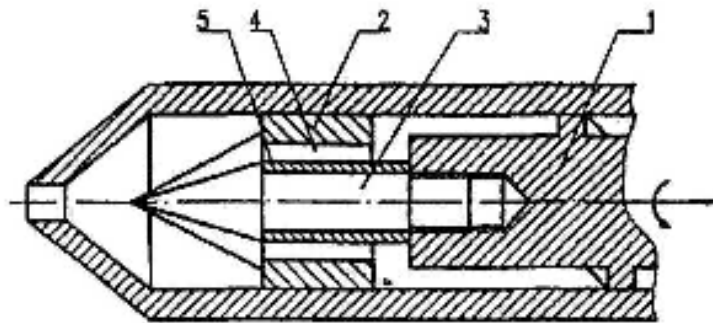
Забезпечується висока змішувальна ефективність і необхідний рівень гомогенізації за рахунок багаторазового розділення та злиття потоків полімеру при його перетіканні між поглибленнями. Витрати на модернізацію мінімальні і пов'язані з виготовленням втулки і вдосконалення конструкцій наконечника та циліндра. Такі роботи, як правило, виконуються на звичайному універсальному металообробному обладнанні і не викликають труднощів.

Наступне технічне рішення [11] конструктивного вузла інжекції відрізняється тим, що тим, що в кільцевому клапані, який розміщено на кінці шнека, що містить кільцеву втулку, та наконечник, які встановлені з зазором для проходу розплаву полімера, новим є те, що в зазорі між наконечником і кільцевою втулкою встановлена змінна втулка. Змінна втулка може бути встановлена з зазором до кільцевої втулки, з зазором до наконечника, або зазором до наконечника, або з зазором до кільцевої втулки і наконечника. На зовнішній і/або внутрішній поверхні змінної втулки і/або у її тілі можуть бути виконані канали для проходу розплаву полімеру. Така втулка може бути встановлена зовсім без зазорів для проходу розплаву полімеру.

Суть модернізованої конструкції пояснюється кресленням. На Рисунок 3.3 зображено кільцевий клапан у відкритому стані. На Рисунок 3.4 - кільцевий клапан у закритому стані. Показано приклад виконання змінної втулки з каналами на її зовнішній поверхні. Змінна втулка встановлена без зазору між кільцевою втулкою і без зазору до наконечника.

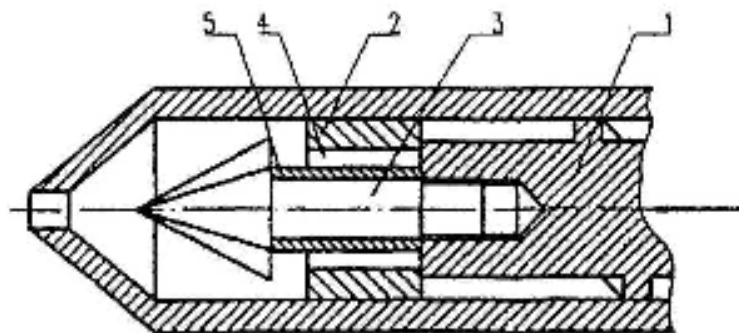
Кільцевий клапан розміщено на кінці шнека 1. Він складається з кільцевої втулки 2 та наконечника 3. Між кільцевою втулкою 2 і наконечником 3 виконаний зазор 4 для проходу розплаву. В зазорі 4 встановлено змінну втулку 5.

Змінна втулка 5 може бути встановлена з зазором 4 до кільцевої втулки (Рисунок 3.3) або з зазором до наконечника 3, або з зазором до кільцевої втулки 2 і до наконечника одночасно (останні два приклади на кресленні не показані).



1 – шнек; 2 – втулка; 3 – наконечник; 4 – зазор; 5 – змінна втулка.

Рисунок 3.3 – Кільцевий клапан інжекційного вузла у відкритому стані



1 – шнек; 2 – втулка; 3 – наконечник; 4 – зазор; 5 – змінна втулка.

Рисунок 3.4 – Кільцевий клапан інжекційного вузла у закритому стані

При обертанні шнека 1 розплав полімеру рухається крізь кільцевий клапан і накопичується перед клапаном. Продуктивність набору дози (якщо шнек 1 обертається з однаковою частотою) визначається прохідним перерізом зазору 4, що його можна змінювати за рахунок підбору змінних втулок 5 різних розмірів і/або конструкції. При цьому для кожного виду полімерного матеріалу, що перероблюється, можна підготувати змінну втулку 5 потрібних розмірів і/або конструкції. Таким чином, для кожного виду перероблюваної сировини, без

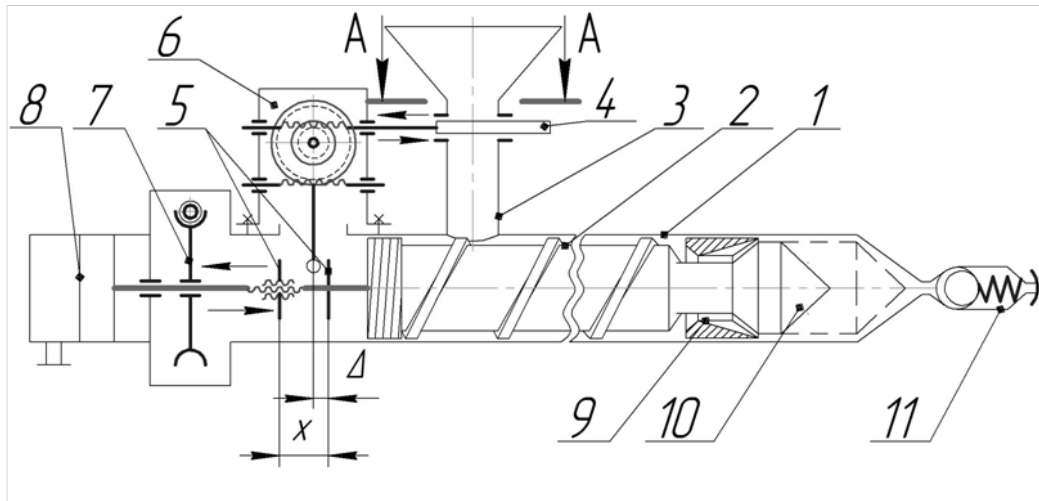
суттєвих змін у конструкції машини для лиття під тиском, можна задавати потрібний час перебування розплаву в каналі шнека 1, де він підлягає гомогенізації, тобто цілеспрямовано змінювати ступень гомогенізації розплаву полімеру. Накопичена перед наконечником порція розплаву полімеру впорскується до порожнини прес-форми за рахунок переміщення шнека 1 ліворуч (Рисунок 3.4).

При цьому тиск, що виникає, намагається повернути розплав крізь кільцевий клапан до каналу шнека 1. Розплав діє на кільцеву втулку 2 (показано стрілками), притискає її до торця шнека I і перекриває рух розплаву до його каналу. Це запобігає втратам до каналу шнека 1 вже підготовленого розплаву.

Наявність змінної втулки дозволяє змінювати прохідний переріз зазору для проходу розплаву литтєвої машини, тобто змінювати продуктивність набору порції розплаву для впорскування і таким чином впливати на час (рівень) гомогенізації матеріалу, що перероблюється. Витрати на модернізацію мінімальні і пов'язані з виготовленням змінних втулок. Такі роботи, як правило, виконуються на звичайному універсальному токарному обладнанні, не викликають труднощів, і не потребують високої кваліфікації працівників.

Конструктивне рішення [13] вузла інжекції вирішується шляхом кінематичного поєднання осьового руху шнека із заслінкою, що регулює подачу матеріалу за допомогою механізму регульованого перетворення переміщень заслінки і забезпечує високу стабільність процесу гомогенізації перероблюваного матеріалу. Корисна модель пояснюється кресленнями на Рисунок 3.5 зображено приклад конструктивного виконання інжекційного механізму машини для лиття під тиском, на Рисунок 3.6 - переріз за А-А у відкритому розташуванні заслінки. Інжекційний механізм машини для лиття під тиском містить: корпус 1, всередині якого розташований шнек 2, завантажувальну горловину 3 із заслінкою 4, яка має змогу рухатися зворотно-поступально вздовж осі, змінюючи перехідний переріз каналу завантажувальної горловини. З'єднувальною ланкою між шнеком та заслінкою 4 є упори на шнеку 5 і кінематично з'єднаний з ними

механізм регулювання зворотно-поступального переміщення заслінки 6, наприклад варіатор із зубчато-рейковим зачепленням, який закріплений на поверхні корпусу машини. Шнек 2 має змогу обертатися від приводу обертового руху 7, при цьому осьове переміщення шнека 2 забезпечується гідроциліндром 8. Шнек має у своїй конструкції зворотний клапан 9 і наконечник 10, а корпус - сопло 11.



1 – корпус; 2 – шнек; 3 – завантажувальна горловина; 4 – заслінка; 5 – упори; 6 – механізм регулювання заслінки; 7 – привод; 8 – гідроциліндр; 9 – зворотний клапан; 10 – наконечник; 11 – сопло; Δ , X – відстань і зазор між упорами

Рисунок 3.5 – Інжекційний пристрій машини для лиття під тиском

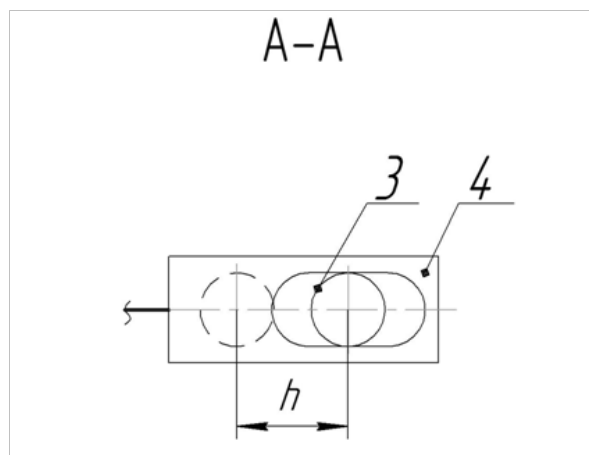


Рисунок 3.6 – Відкрите розташування заслінки.

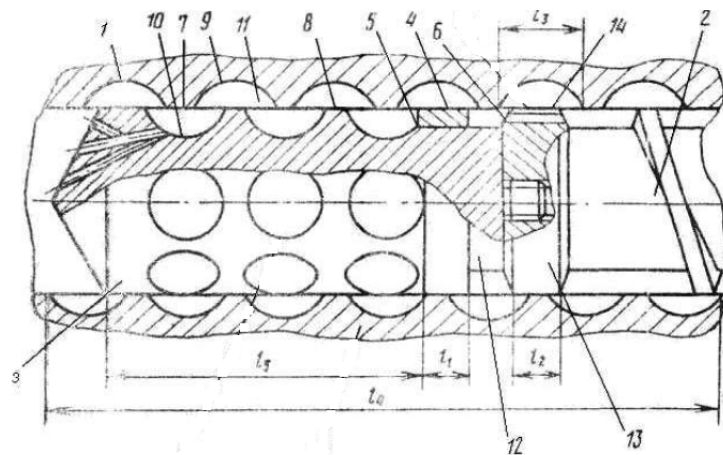
Перед початком набору дози шнек 2 перебуває в крайньому правому положенні. Внаслідок обертового руху шнек 2 гомогенізує та нагнітає матеріал через зворотний клапан 9 перед соплом 11 і поступово відходить у напрямку завантажувальної горловини 3, приводячи одним з упорів 5 до руху механізм регулювання поступального переміщення заслінки 6, внаслідок чого вона поступово перекриває завантажувальну горловину 3. Співвідношення величини переміщення шнека 2 і ходу h заслінки 4 див.(Рисунок 3.6) регулюються передаточним числом механізму регулювання поступального переміщення 6, наприклад, варіатора та рейкових пар тощо. Для регулювання моменту початку і закінчення періоду закривання заслінки 4 відстань x між упорами 5 шнека 2 регулюється зміною відстані між упорами 5 і зазором Δ (Рисунок 3.5), наприклад, за рахунок гвинтової пари.

Матеріал із завантажувальної горловини 3, потрапляє в корпус 1, де захоплюється витками шнека 2 і транспортується в напрямку сопла 11. За підвищення протитиску перероблюваного матеріалу перед шнеком 2 до заданого значення, шнек переміщується в напрямку завантажувальної горловини 3 разом з упорами 5. Після проходження зазору Δ , що визначає вибрану частку набору підготовленої порції матеріалу, один з упорів 5 приводить до руху механізм зворотно-поступального руху 6, а він у свою чергу - заслінку 4, яка, переміщуючись на відстань h , перекриває отвір завантажувальної горловини 3. Повне перекривання отвору завантажувальної горловини 3 відбувається в момент закінчення набору дози перед шнеком 2, але процес гомогенізації матеріалу у гвинтовому каналі шнека 2 продовжується. Після завершення часу відведеного у виробничому циклі на підготовку дози" тиск у порожнині інжекції гідроциліндра 8 збільшується, шнек рухається в напрямку сопла 11, виштовхуючи матеріал у форму, і процес набору дози повторюється. Таким чином істотно покращується гомогенізація матеріалу, що сприяє покращенню якості виробів.

Наступне конструктивне рішення [12] в вузлі інжекції вирішується шляхом оснащення спряжених зовнішньої циліндричної поверхні втулки та внутрішньої поверхні матеріального циліндра поверхонь поглибленнями, що забезпечить

підвищення змішувальної ефективності при наборі порції полімеру за рахунок збільшення площі розміщень поглиблень на зовнішній поверхні втулки та внутрішній поверхні матеріального циліндра.

Сутність конструкції корисної моделі пояснюється кресленнями. На Рисунку 3.7 зображено змішувально-інжекційний вузол в двох положеннях: в верхній половині креслення зображено вузол в режимі набору порції полімеру, в нижній – в режимі впорскування полімеру. Литтєва машина містить корпус 1 і встановлений в ньому черв'як 2 з наконечником 3. Наконечник 3 обладнаний рухомим елементом 4 і упорами 5 і 6. На внутрішній поверхні 7 корпусу 1 і зовнішній поверхні 8 наконечника 3 виконані поглиблення 9 і 10 відповідно, утворюючи канали 11 для течії полімеру. На зовнішній поверхні 8 наконечника 3 виконані виточка 12 і суцільна ділянка 13 без заглиблень, розташована між виточкою 12 і черв'яком 2.



1 – корпус; 2 – шнек; 3 – наконечник; 4 – рухомий елемент наконечника ; 5, 6 – упори; 7 – внутрішня поверхня корпусу; 8 – зовнішня поверхня корпусу; 9, 10 – поглиблення; 11 – канали; 12 – виточка; 13 – суцільна ділянка; 14 – виступ.

Рисунок 3.7 – Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском

Рухомий елемент 4 встановлений в виточці 12, причому суцільна ділянка 13 виконана у вигляді виступу 14 з наскрізними отворами 15.

При обертанні в матеріальному циліндрі шнека полімер рухається по його гвинтовій нарізці і потрапляє в порожнину a, яка утворена торцевими поверхнями шнека та втулки (Рисунок 3.7). За рахунок створення надлишкового тиску полімер переміщує втулку в напрямку торцевої поверхні упора. При цьому полімер потрапляє в наскрізні отвори, які з'єднують порожнину та поглиблення, і розбивається на потоки. Під час обертання втулки разом з наконечником відбувається постійне з'єднання та роз'єднання поглиблень та між собою, з утворенням в кожний момент часу нових конфігурацій каналів. При цьому полімер піддається інтенсивним зсувним деформаціям, зрізу, розділенням та злиттям невеликих об'ємів полімеру, що знаходяться в поглибленнях. Це забезпечує якісний змішуючий ефект, наряду з виконанням запираючої функції.

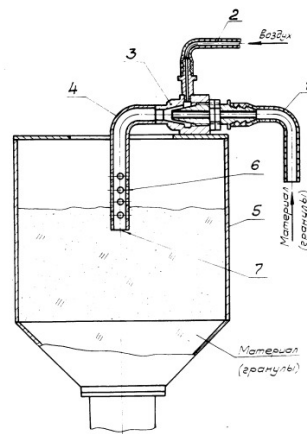
Накопичена в порожнині порція полімеру впорскується до порожнини пресформи за рахунок переміщення шнека в напрямку мундштука. Торцева поверхня шнека набігає на повернуту до неї торцеву поверхню втулки, перекриваючи зворотній рух полімеру в гвинтовий канал шнека. Також циліндрична частина, яка виконана на зовнішній поверхні втулки, перекриває наскрізні отвори для руху полімеру. Це забезпечує розвиток необхідного тиску і швидкості заповнення пресформи полімером, що дозволяє суттєво підвищити змішувальну ефективність та гомогенізацію за умов запобігання втрат тиску при заповненні пресформи, що сприяє покращенню продуктивності машини в цілому і якості отриманих виробів.

Технічне рішення [9] інжекційного пристрою відрізняється тим, що впроваджується система подачі гранульованого матеріалу. На рисунку 3.8 зображено пристрій подачі гранульованого матеріалу в бункер, що містить матеріалопроводи 1, по якому подається гранульований матеріал, і повітряний трубопровід 2, з'єднані між собою ежекторною установкою 3 з вихідним патрубком 4, кінець якого опущений в бункер 5. На кінці вихідного патрубка 4 виконані отвори 6. Отвори 6 розташовані в декілька рядів, наприклад, в чотири ряди. У кожному ряду отвори розташовані рівномірно по окружності патрубку, наприклад, 4-8 отворів діаметром 3 мм в кожному ряду. Діаметр отворів 6 перевищує розмір гранул. При роботі машини для лиття пластмас під тиском

гранульований матеріал подається з матеріалопроводи 1 під дією повітря з трубопроводу 2 за допомогою ежекторної установки 3 в патрубок 4 і далі в бункер 5. Під дією стисненого повітря відбувається засипання бункера 5 гранульованим матеріалом.

При цьому повітря, проходячи по патрубку 4, виходить через отвір 7 і отвори 6 патрубка. Інтенсивний процес засипки бункера 5 гранульованим матеріалом триває до моменту досягнення верхнім рівнем гранульованого матеріалу в бункері патрубка 4 і перекриття отвору 7 патрубка 4, після чого, процес заповнення бункера 5 гранульованим матеріалом різко змінюється.

Транспортує гранульований матеріал повітря виходить тільки через отвори 6, йдучи по шляху найменшого опору. При цьому спостерігається поступове згасання процесу подачі гранульованого матеріалу в бункер 5, так як відбувається вирівнювання швидкостей на вході і виході в ежекторну установку 3, а на вході матеріалопроводи 1 в ежекторну установку 3 зникає розрядження. В результаті чого, повітря "сопе", йому не вистачає енергії перемістити гранули з матеріалопроводи 1. Відбувається самозагасання процесу подачі гранульованого матеріалу в бункер 5.



1 – матеріалопровід; 2 – повітряний трубовід; 3 – ежекторна установка; 4 – вихідний патрубок; 5 – бункер; 6, 7 – отвори.

Рисунок 3.8 – Пристрій подачі гранульованого матеріалу в бункер інжекційної машини

Після надходження гранульованого матеріалу в камеру лиття під тиском рівень гранульованого матеріалу в бункері 5 знижується, відкриваючи вихідний отвір 7 патрубку 4, і процес завантаження бункера 5 гранульованим матеріалом поновлюється.

Таким чином, в результаті виконання отворів 6 на кінці вихідного патрубка 4, в бункері 5 підтримується постійний рівень гранульованого матеріалу, що не перевищує отвори 6, без застосування автоматики. Виконання отворів 6 в кілька рядів дозволяє регулювати рівень гранульованого матеріалу в бункері 5 в залежності від швидкості подачі повітря і габариту бункера 5.

Впровадження системи подачі гранульованого матеріалу дає підтримку певного рівня гранульованого матеріалу в бункері без застосування автоматики, в результаті чого, запобігає пересипання продукту (гранульованого матеріалу) через край бункера і тим самим ліквідуються втрати продукту засипки, поліпшуються умови праці обслуговуючого персоналу і підвищується культура виробництва.

3.2 Обґрунтування обраних модернізацій

В результаті літературно-патентного огляду пристрою інжекції обрано варіант модернізації на основі технічних рішень [9] та [12].

Обране технічне рішення [12] пояснюється тим, що внутрішня поверхня втулки та зовнішня поверхня наконечника шнека виконані поглибленнями та проточками, що дозволяє підвищити рівень гомогенізації та змішувальну ефективність, що сприяє покращенню продуктивності машини в цілому і якості отриманих виробів.

Результат технічного рішення [9] забезпечує безперервну подачу гранульованого матеріалу в бункер без застосування ручної праці, після того як матеріал буде підготовлений до подачі в термопластавтомат в сушильній камері.

Отже досягається підтримка певного рівня гранульованого матеріалу в бункері, в результаті чого, запобігає пересипання продукту (гранульованого

матеріалу) через край бункера і тим самим ліквідуються втрати продукту засипки, поліпшуються умови праці обслуговуючого персоналу і підвищується культура виробництва.

В результаті впровадження технічних рішень [9] та [12], відповідно, досягається суттєве підвищення змішувальної ефективності, гомогенізації, якості отриманих виробів, та досягається зменшення втрати продукту засипки, поліпшуючи умови праці обслуговуючого персоналу і підвищується культура виробництва.

4 АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

4.1 Опис технологічного процесу лиття під тиском

Лиття під тиском термопластичних матеріалів є циклічним процесом, при якому розігріта в спеціальному циліндрі до пластичного стану маса видавлюється з нього у форму черв'яком. Форма спеціально охолоджується. Пластифікований матеріал, заповнюючи порожнини охолоджуваної форми, швидко застигає. Форма розкривається і виймається готовий виріб.

Багато виробів неможна виготовити ні одним із методів, окрім литтям під тиском. До них відносяться вироби складної конфігурації з малою товщиною стінки, зі складною арматурою, із значною різницею товщин стінок, а також вироби, оформлювальні знаки яких потребують опори в обох половинах форми, так як не можуть бути надійно встановлені у відкритій формі.

Процес лиття під тиском складається з наступних технологічних операцій: дозування, нагріву і пластикації матеріалу, закриття і утримання в зімкненому стані форми на весь період лиття, упорскування під тиском у форму розплаву, витримки під тиском розплаву у формі, охолодження виробу у формі, розкриття форми і видалення з неї готових виробів.

Для забезпечення необхідного температурного режиму роботи машини для лиття під тиском на його корпусі встановлено електричні нагрівачі опору, крім того циліндр має захисний кожух, під який від двох вентиляторів нагнітається

холодне повітря для покращення терморегуляції. На корпусі агрегату є сім зон нагріву та дві зони повітряного охолодження (у районі завантажувальної горловини). Температура зон контролюється термopарами.

Схема теплової автоматики литтєвої машини для переробки ПЕВТ забезпечує автоматичний контроль і регулювання температури корпусу і сопла литтєвої машини як при розігріві, так і в режимі роботи.

4.2 Схема теплової автоматики литтєвої машини

Схемою передбачається контроль і позиційне регулювання температури [1]. Імпульсний дозатор при розігріві повністю вимикається, що забезпечує включення нагрівника Н на безперервну роботу. Потім після закінчення періоду розігріву машини оператор вручну встановлює тривалість імпульсів, вироблюваних дозатором, які накладаються на сигнали автоматичного регулятора. Це забезпечує можливість настройки системи регулювання на максимальну точність підтримки температури на заданому рівні.

Регулювання за цією схемою відбувається наступним чином. Якщо температура зони не досягла значення, при якому спрацьовує контакт «мало», нагрівач включений повністю або включається через певні імпульси.

У положенні «мало» нагрівач відключається. Але температура внаслідок теплової інерції нагрівача і стінки корпусу продовжує зростати. Якщо температура досягне рівня «багато», включається вентилятор обдування, який швидко знімає з поверхні тепло і тим самим зменшує рівень температури до положення нижче рівня «багато». Вентилятор відключається, але температура зони за рахунок інерційності продовжує знижуватися.

У разі, якщо температура знизиться нижче рівня «мало», знову увімкнеться електронагрівач. Таким чином, температура підтримується на заданому рівні (між рівнями «багато» - «мало») з похибкою, відповідної чутливості регулятора.

Інерційність нагрівальних елементів, а також значна товщина стінок призводять до того, що фактичне відхилення регулюючої температури в даній

схемі відрізняється від заданих меж, визначається чутливістю регулюючого приладу.

Застосування електронно-імпульсних дозаторів дає можливість вручну підбирати середнє значення величини енергії, що забезпечує нагрів зони до заданої температури. Це зменшує швидкість наростання температури і покращує якість регулювання. Переробка нових пластичних мас вимагає підтримки температури з вищою точністю, що забезпечується застосуванням більш складних схем з використанням автотрансформаторів, що дозволяють вручну більш точно підігнати необхідну кількість енергії.

4.3 Автоматизація температурного режиму роботи машини для лиття під тиском

4.3.1 Система автоматичного контролю

Автоматичний контроль здійснюється за двома параметрами: температурою та рівнем [8].

Контроль температури отримуємо від температурних датчиків (термопар) ТХА, (поз. 1- 1; 2-1; 3-1; 4-1; 5-1; 6-1; 7-1) у зонах корпусу литтєвої машини, і вторинним приладам (поз. 1-2; 2-2; 3-2; 4-2; 5-2; 6-2; 7-2) ДИСК-250ДД, встановленим на щиті.

Для контролю рівню матеріалу у бункері встановлено датчик рівню (поз. 8-1), який сигналізує оператора про недостатню кількість перероблюваного матеріалу в завантажувальному бункері. Про це оповіщає сигнальна лампа, встановлена на пульті керування.

4.3.2 Автоматичне регулювання

В перший момент часу t_1 ми отримуємо від температурного датчика (термопари) ТХА, (поз. 1-1) зони корпусу литтєвої машини, сигнал про відхилення температури, який від термопари поступає у вигляді електричної величини термоЕРС, і потрапляє на автоматичний реєструвальний вторинний

прилад ДИСК-250ДД (поз. 1-2), який потрібний для перетворення термоЕРС у стандартну величину 0.5 вольт. Від вторинного перетворювача сигнал в стандартному вигляді поступає на універсальний двухканальний програмний регулятор ТРМ-251 (поз. 1-3), від програмного регулятора ТРМ-251, сигнал поступає на реверсний підсилювач потужності для управління двигунами У300 (поз. 1- 4), де сигнал роздвоюється; від підсилювача потужності сигнал попадає на підсилювач сигналу БКСТ1 (поз. 1-5), далі сигнал попадає на електромагнітний пускач ПБР-2М (поз. 1- 6), від пускача відходить система сигналізації пуску та тумблери SB1 – індикатор HL3,HL4, після електромагнітного пускача, по лінії зв'язку 2, електроенергія поступає на електронагрівач, який нагріває зону. Другий роздвоєний сигнал поступає на другий електромагнітний пускач ПБР-2М (поз. 1-7), від якого електроенергія по лінії зв'язку 3 надходить на електродвигун приводу вентилятора і запускає його. Даний електромагнітний пускач оснащений сигналізацією пуску (сигнальна лампа HL5). Таким чином, коли температура менша заданої, система вмикає електромагнітний пускач (поз. 1-6) і додає електроенергії для нагріву корпусу екструдера, а у випадку, коли температура буде перевищувати задану, завдяки реверсному підсилювачу потужності для управління двигунами (поз. 1-4) запуститься електромагнітний пускач (поз. 1-7), який увімкне повітряне охолодження. Аналогічним чином відбувається регулювання температурних режимів інших технологічних зон литтєвої машини. Регулювання рівню матеріалу у завантажувальному бункері екструдера відбувається за допомогою рівнеміру СА18CLF08NA наступним чином: від датчика рівня (поз. 8-1), встановленого у бункері черв'ячної машини, сигнал про рівень матеріалу у бункері потрапляє на автоматичний сигналізатор рівня САУ-М7 (поз. 8-2), який у випадку зменшення рівню матеріалу нижче заданого значення, вмикає сигнальну лампу HL33, яка у свою чергу оповіщує оператора.

4.4 Специфікація засобів автоматизації

Специфікація приладів та засобів автоматизації приведена в таблиці 4.1

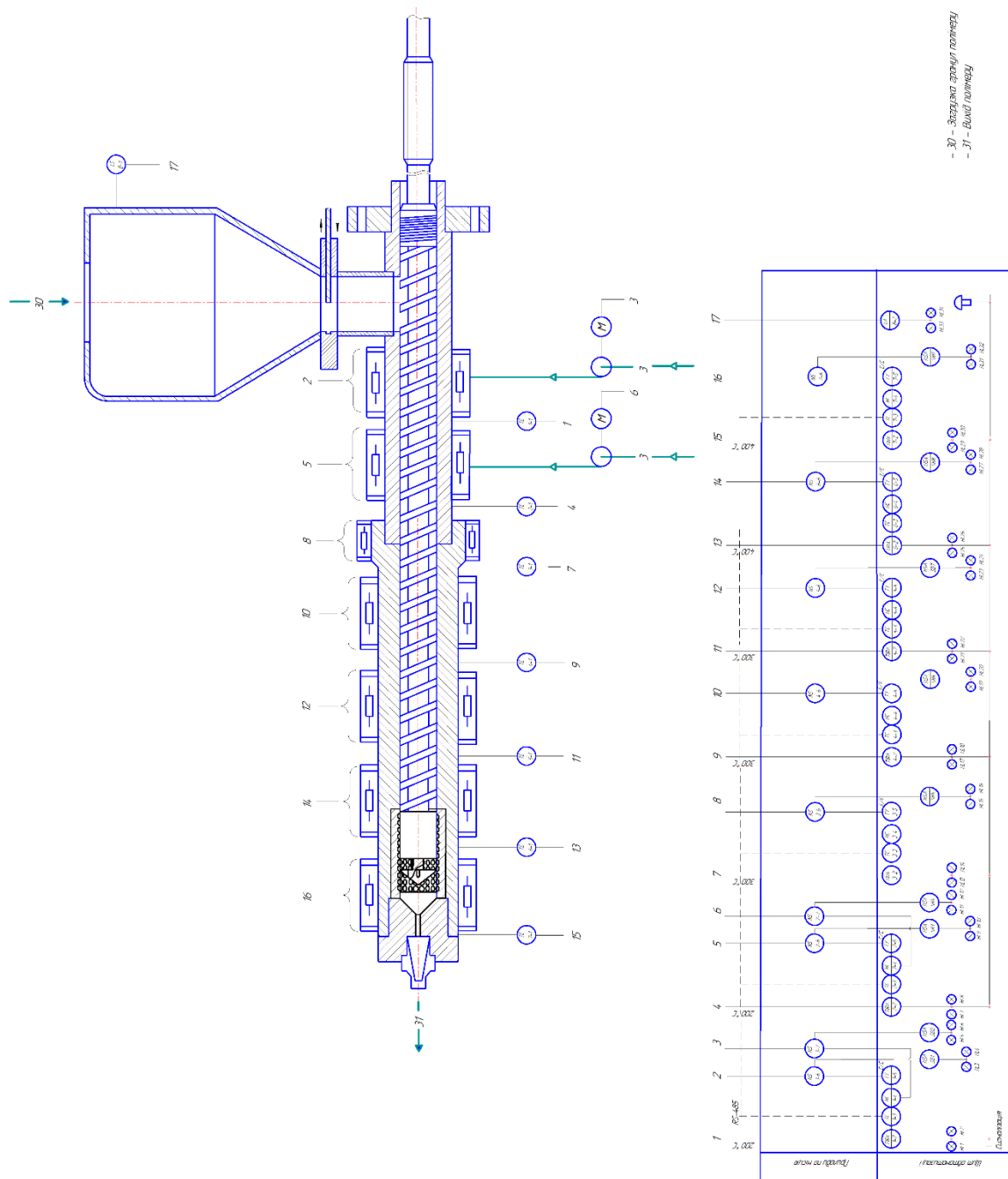


Рисунок 4.1 – Схема теплової автоматики машини для лиття під тиском з модернізацією інжекційного пристрою

5 СТАРТАП-ПРОЕКТ І ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ

5.1 Стартап-проект

5.1.1 Опис ідеї проекту

Метою стартап-проекту Second life є часткове вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища. Також отримання досвіду роботи студентами, що в майбутньому полегшить працевлаштування. Кафедра отримає допомогу в якості капіталовкладення та зацікавлення з боку ЗМІ та абітурієнтів. Для цього необхідно: встановити спеціальні смітники в корпусах та на території університету для збору ПЕТ пляшок; придбати лінію переробки ПЕТ пляшок в флекси та гранули, з подальшим продажем вторинно перероблених гранул та отримання прибутку.

Залучення студентів кафедри ХПСМ в технологічний процес переробки дозволить отримати досвід роботи за спеціальністю.

Завдяки мінімальному вкладу країни в екологію, проект має всі шанси привернути увагу ЗМІ, абітурієнтів та потенційних спонсорів до кафедри та університету в цілому.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Вторинна переробка ПЕТ пляшок	КПІ ім. Ігоря Сікорського	очищення навколишнього середовища та отримання практичного досвіду для студентів кафедри
	Фірми, що виготовляють іироби з ПЕТ	отримання доходів з продажу
	Майбутні роботодавці	привернення уваги ЗМІ та абітурієнтів та спонсорів

Цільовою аудиторією startup проекту є:

- 1) «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Проект здатен привернути увагу спонсорів та абітурієнтів до університету.
- 2) Майбутні роботодавці. За допомогою цього проекту студенти кафедри ХПСМ отримають не тільки теоретичні, а й практичні навички та знання за професією, що цінується роботодавцями.
- 3) Фірми, що виготовляють вироби з ПЕТ.

Для реалізації startup проекту потрібні викладачі кафедри ХПСМ, оскільки вони мають великий теоретичний та практичний досвід роботи в цій сфері, а також зацікавлені у розвитку кафедри. Також необхідні студенти, які будуть займатись постачанням сировини та переробленням її в продукцію.

5.1.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Було проведено аналіз техніко-економічних характеристик ідеї та досліджено динаміку ринку полімерних виробів в Україні (рисунок 5.1) та світі за останні роки (рисунок 5.2) [15].



Рисунок 5.1 – Динаміка ринку полімерних виробів в Україні

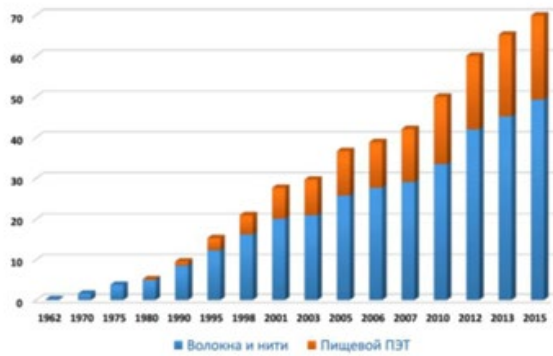


Рисунок 7.2 – Об’єм виробництва ПЕТ в світі

Проаналізувавши динаміку ринку, можна зробити висновок, що ринок України знаходиться на етапі життєвого циклу виведення з кризи. А світовий ринок знаходиться на етапі зростання. Судячи з графіка індексів виробництва полімерних виробів в Україні, бачимо, що цей графік подібний до графіку еволюції економіки України. Можна зробити прогноз, що ринок буде розвиватися так само, як і економіка України в цілому, а так, як Україна зараз виходить з кризи та прогнози експертів позитивні, тому можна очікувати зростання ринку полімерної продукції, що добре для даного стартап-проекту.

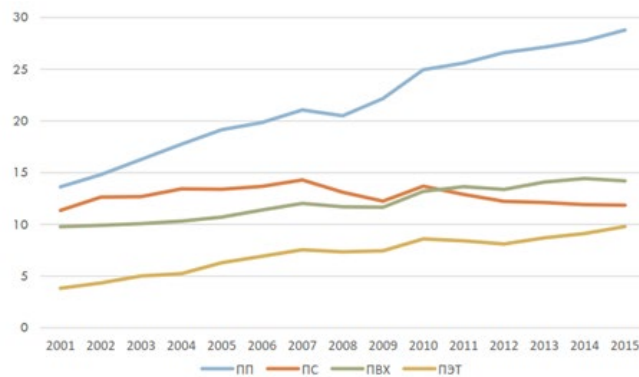


Рисунок 5.3 – Об’єм світової торгівлі ПП, ПС, ПВХ і ПЕТ

Переробка полімерної продукції в Україні на даний момент розвивається незадовільними темпами. Враховуючи незабезпеченість галузі виробництва виробів з гуми та пластмаси власною сировиною, єдиним способом імпортозаміщення останньої є розвиток виробничої бази переробників. Галузь є інвестиційно привабливою, проте державі необхідно пам’ятати як про економічний, так і соціальний розвиток країни, приділити значну увагу питанням

екологічної безпеки країни за умов розвитку полімерного виробництва. Держава повинна взяти під контроль питання процесу інвестування галузі з урахуванням комерційних пріоритетів підприємств та соціально-екологічних потреб країни.

5.1.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основні рівні товару:

I рівень – ПЕТ користується великим успіхом на ринку пакувальних матеріалів. Зараз ПЕТ застосовують у виробництві тари для різноманітних видів харчової, хімічної, косметичної продукції. II рівень - тверда, безбарвна, прозора речовина в аморфному стані і біла, непрозора в кристалічному стані. Переходить в прозорий стан при нагріванні до температури склування і залишається в ньому при різкому охолодженні і швидкому проході через т. Н. «Зону кристалізації». Одним з важливих параметрів ПЕТ є характеристична в'язкість, яка визначається довжиною молекули полімеру. Зі збільшенням властивою в'язкості швидкість кристалізації знижується. Міцний, зносостійкий, хороший діелектрик. III рівень – доставка, гарантія якості.

- ринкова історія товару

Пластикові пляшки були вперше використані в комерційних цілях в 1947 році, але залишалися відносно дорогими до початку 1960-х років, коли були виготовлені з поліетилену високої щільності (PEHD / HDPE). Вони швидко стали популярними як у виробників, так і у споживачів через їх простоту застосування і порівняно низьких витрат на виробництво в порівнянні з скляними пляшками.

- визначення етапу життєвого циклу товару.

Етап зрілості

Узагальнено розглядається динаміка розвитку галузі:

- основні оператори ринку:

POL.RE.PLAST, ПЛАСТМОДЕРН, ПОЛІМЕР ТЕХНІКА, РЕГІОН 2001, ГАЛПЕТ.

- економічні та соціальні тенденції ринку: ринок України знаходиться на етапі життєвого циклу виведення з кризи. А світовий ринок знаходиться на етапі зростання.

- характеристики ринку: переробка полімерної продукції в Україні на даний момент розвивається незадовільними темпами. Враховуючи незабезпеченість галузі виробництва виробів з гуми та пластмаси власною сировиною, єдиним способом імпортозаміщення останньої є розвиток виробничої бази переробників. Галузь є інвестиційно привабливою, проте державі необхідно пам'ятати як про економічний, так і соціальний розвиток країни, приділити значну увагу питанням екологічної безпеки країни за умов розвитку полімерного виробництва. Держава повинна взяти під контроль питання процесу інвестування галузі з урахуванням комерційних пріоритетів підприємств та соціально-екологічних потреб країни.

Після визначення потенційних груп клієнтів було проведено аналіз ринкового середовища (Таблиці 5.3-5.19).

Таблиця 5.2 – Аналіз внутрішнього маркетингового середовища підприємства

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/можливості
	Можливості	Загрози	
приміщення	викор. приміщення університету	заборона керівництва університ.	підняття орендної плати
інтелект	знання викладачів кафедри	відмова викладачів	незацікавленість викладачів
обладнання	викор. обладнання, що є в корпусі	можливість частих поломок через зістарення обладнання	університет може відмовитись від впровадження нових технологій

Нижче наведений аналіз факторів макромаркетингового середовища:

Таблиця 5.3 – Підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Закон України про охорону навколишнього середовища	екологічність виробництва	унеможливлення використання шкідливих речовин	утилізація відходів виробництва, встановлення фільтрів для води та повітря
Про затвердження Правил охорони праці на підприємстві	можливість встановлення обладнання для відводу надлишкового тепла і подальше використання цього тепла для опалення приміщення	можливість травмування робочих, можливість виникнення пожежі	інформування працівників про положення правил охорони праці, візуальні знаки небезпечних зон, встановлення вентиляцій тощо.

Таблиця 5.4 – Підсумкова таблиця факторів економічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Рівень інфляції	зникнення слабких конкурентів	зниження прибутку	приймати оплату у доларах
інвестиції	залучення нових інвесторів	втрата старих інвесторів	постійна робота над покращенням підприємства для збереження старих відносин та залучення нових інвесторів

Таблиця 5.5 – Підсумкова таблиця факторів науково-технічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Впровадження нових технологій	підвищення якості продукту	додаткові витрати	контроль технологічного процесу
Підвищення швидкості збуту	зростання обсягів збуту	неспроможність виготовляти потрібну кількість продукту	збільшення ринку збуту

Таблиця 5.6 – Підсумкова таблиця факторів демографічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
чисельність начелення	збільшення клієнтської бази	зменшення клієнтської бази	розширення ринку збуту
Міграція населення	приплив інтелектуальних ресурсів	зменшення інтелектуальних ресурсів	заохочення працівників

Нижче наведений аналіз факторів мікроркетингового середовища:

Таблиця 5.7 – Підсумкова таблиця впливу споживачів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
фактори, що впливають на поведінку споживача	висока якість матеріалу, доступність, ціна	незацікавленість продукцією	акції та знижки
фактори, що впливають на прийняття рішення про купівлю товару	індивідуальна праця з кожним клієнтом	конкуренти	акції та знижки

Таблиця 5.8 – Підсумкова таблиця впливу конкурентів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Товари замінювачі	мала кількість товарів замінювачів	велика кількість товарів замінювачів	рекламування саме нашого товару
Галузеві конкуренти	зменшення конкурентів	збільшення конкурентів	стати більш конкурентноспроможним

Таблиця 5.9 – Підсумкова таблиця впливу постачальників

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Ціни постачальників	низькі ціни	підвищення ціни	співпрацювання з постачальниками на вигідних умовах
Сервісне обслуговування з боку постачальників	наявність	відсутність	співпрацювання з постачальниками на вигідних умовах

Таблиця 5.10 – Підсумкова таблиця впливу контактних аудиторій

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
блогери	рекламування продукції	відмова рекламування в інтернеті	альтернативні способи рекламування
критики	хороші відгуки	погані відгуки	відповідати заявленим вимогам

Формулювання управлінської проблеми:

Таблиця 5.11 – SWOT- аналіз

<i>Сильні сторони</i>	<i>Слабкі сторони</i>
<ul style="list-style-type: none"> - ціна - строки виготовлення - георозташування - рівень очищення продукту - можливість роздрібної торгівлі 	- імідж
<i>Можливості</i>	<i>Загрози</i>
-можливість обслуговувати велику кількість роздрібних покупців	- Недовіра клієнтів

Таблиця 5.12 – Слабкі та сильні сторони альтернативних шляхів

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
1. найбільш терміновані	відкладання на пізніше інших клієнтів	спроможність швидко і якісно виконувати замовлення
2. Колективне вирішення	можуть розходитись думки щодо вирішення проблеми	розподіл відповідальності (тобто раціональне розподілення сил та часу)
3. збільшення виробництва	можливість разового крупного замовлення	є стимул для розширення ринку збуту

Найоптимальніший шлях вирішення управлінської проблеми є – колективне рішення.

Таблиця 5.13 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана Характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції олігополія	Галузь не має широкого розповсюдження в Україні	Помірковано низькі ціни Дослідницька робота компанії
2. За рівнем конкурентної боротьби - національний	Ринки збуту продукції розташовані по всій території України та поза її межами	Представляти компанію як борця за навколишнє середовище
3. За галузевою ознакою - Внутрішньогалузева	Продукція компанії є специфічною	Розрекламованість компанії
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно- видова	Певний полімер підходить для певного продукту (в більшості випадках він не є взаємозамінним)	Сировина потрапляє до компанії майже безкоштовно
5. За характером конкурентних переваг - цінова	Зменшення ціни товару для захоплення нових ринків	Можливість заробітку при мінімальних цінах на продукцію
6. За інтенсивністю - не марочна	По при присутності марок товарів на ринку вони не вважаються “брендом”	Просування своєї продукції

Таблиця 5.14 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактори конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Клієнти завжди хочуть товар якомога дешевше
2	Імідж	Клієнти хочуть знати з ким співпрацюють
3	Строки виготовлення	Клієнти хочуть отримати товар чим швидше
4	Екологічність	Наш товар є екологічно чистим
5	Рівень очищення продукту	Клієнти хочуть якісний товар
6	Стан обладнання	Чим новіше обладнання тим продуктивніше виробництво
7	Георозташування	Велика клієнтська база
8	Продуктивність виробництва	Можливість швидко виконувати велику кількість замовлень

9	Можливість роздрібної торгівлі	Дає змогу клієнту спробувати товар без великих капіталовкладень
10	Кваліфікація робітників	Підвищує надійність роботи підприємства

Таблиця 5.15 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін Second life

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1 – 20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Second life						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна		♥	■	●		▲		
2	Імідж				●	■	▲	♥	
3	Строки виготовлення		♥	● ▲	■				
4	Екологічність				♥	▲ ■	●		
5	Рівень очищення продукту			■	●	♥	▲		
6	Стан обладнання		●		♥		▲	■	
7	Георозташування		■	♥	▲ ●				
8	Продуктивність виробництва			▲	●		■	♥	
9	Можливість роздрібної торгівлі		■ ▲	♥	●		▲		
10	Кваліфікація робітників			●			■	♥	

- – Second life
- – POL.RE.PLAST
- ♥ – ПЛАСТМОДЕРН
- ▲ – ПОЛІМЕР ТЕХНІКА

5.1.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 5.16)

Таблиця 5.16 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	молодь - вік від 20 до	нейтрально	незначний	майже	просто

	35 років			відсутня	
2	літні - вік від 65 років	неготові	відсутній	відсутня	важко
3	підприємці з достатніми доходами - які займаються виготовленням та переробкою ПЕТ	готові	високий	висока	просто
4	люди з високими доходами	нейтрально	незначний	висока	неможливо
5	люди зацікавлені в чистоті міста - люди будь-якого віку	готові	достатній	достатня	дуже просто
Які цільові групи обрано: підприємці з достатніми доходами					

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.17 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	стратегія стабілізації	концентрованого маркетингу	стабільність технології	стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки.

Таблиця 5.18 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	ні	так, буде шукати нових	ні	стратегія наслідування лідеру

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 5.19 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	якість матеріалу	стратегія позиціонування, заснована на відмінній якості товару	георозташування, можливість виконання як і великих так і малих замовлень	якість, екологія, наука

Результатом виконання підрозділу має стати узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначатиме напрями роботи стартап-компанії на ринку:

1. Хаотичне мислення у площині міждисциплінарних зв'язків двовимірного простору.

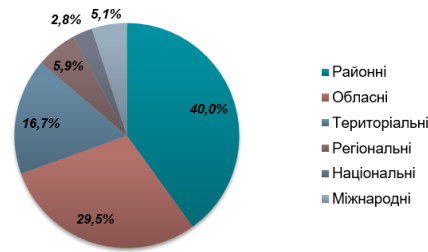
Виготовлення композитних дорожніх покриттів з застосуванням термопластичних полімерних відходів(додавання полімерного флексу до асфальту).

У більшості асфальтових дорожніх покриттів основним сполучною компонентом є бітуми. Володіючи рядом цінних властивостей і маючи порівняно невисоку вартість, бітуми, до складу яких входять полярні з'єднання, відрізняються недостатньою стійкістю. Їх міцнісні показники також порівняно невисокі. Все це значною мірою погіршує властивості асфальтових покриттів і скорочує терміни їх експлуатації.

Додавання в склад дорожнього покриття полімерних матеріалів значно підвищує міцність, зносостійкість, термостабільність та водостійкість дорожнього покриття.

Даний стартап проект поєднує в собі дві галузі: полімерну та силікату промисловість.

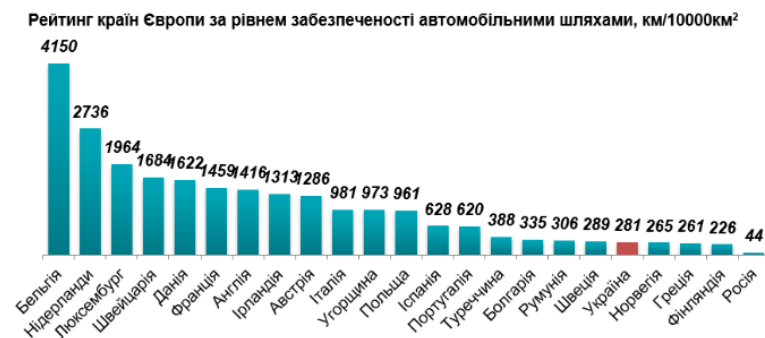
2. Фільтри: часовий – аналіз динаміки ринку та футурологічний – прогноз розвитку ідеї.



Джерело: за даними Міністерства інфраструктури України

Рисунок 5.4 – Структура мережі автомобільних шляхів України загального користування

На даний час існуючої дорожньої мережі недостатньо для такої кількості автотранспорту, а будівництво доріг ведеться незадовільними темпами. За останні п'ять років їх побудовано всього 1460 км.



Джерело: за даними Міністерства інфраструктури України, за даними Євростата

Рисунок 5.5 – Рейтинг країн Європи за рівнем забезпеченості автомобільними шляхами

На даний час Україна страждає не тільки від недостатньої забезпеченості дорогами, але і від зношеності вже існуючої дорожньої інфраструктури. За даними Укравтодору, близько 80% діючих доріг потребують термінового ремонту. Не відповідають експлуатаційним нормам 60% автомостів. Дорожні споруди зношені на 43,7%. На підтримку доріг в робочому стані в останні роки виділялося недостатньо коштів - 20-30% від потреби. Проблема недофінансування ще більше ускладнилася під час кризи. У 2013-2015 роках відремонтовано всього 1000 км автодоріг.

Ситуація змінилася на краще в 2017 році, протягом якого капітальний ремонт проведено на 2000 км доріг. Ще більша увага ремонтно-будівельних робіт

в дорожній сфері буде приділятися в 2018-м. Очікується, що на ці цілі урядом буде витрачено понад 50 млрд гривень, які надійдуть із спеціально заснованого Дорожнього фонду, держбюджету та від міжнародних кредитних організацій.

3. Мислення за вертикаллю – удосконалення ідеї.

Недоліком ідеї є те, що дорожніми інфраструктурами в Україні займаються, в переважному випадку, державні підприємства. Це, в свою чергу, через монополію ринку, не дає розвиватися малим приватним підприємствам в даній галузі.

Вирішити дану проблему можна завдяки привернення уваги до цієї проблеми.

Таблиця 5.20– Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Технічна	Особливість продукції	Застосовується в різних галузях (харчовій, медичній тощо)
2	Нормативна	Відповідність продукції до стандартів	наявність всіх документів

Таблиця 5.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
POL.RE.PLAST	звичайна повторна закупівля, яка є доволі буденною, здійснена без прийняття додаткових рішень;	прямий збут	Дворівневий канал	Вертикальна
ПЛАСТ МОДЕРН	звичайна повторна закупівля, яка є доволі буденною, здійснена без прийняття додаткових рішень;	опосередкований збут.	В однорівневому	Вертикальна
ПОЛІМЕР ТЕХНІКА	змінена повторна закупівля, яка вимагає проведення деяких досліджень;	прямий збут	В однорівневому	Вертикальна

Таблиця 5.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
POL.RE.PLAST	повторна закупівля без змін, для здійснення якої вимагається досить стандартне звичне рішення;	Соціальні мережі, реклама, телебачення	Забезпечення повного проінформування клієнта про продукт та компанію.	дизайнерський, тобто креатив, спрямований на створення зримого образу;
ПЛАСТМОДЕРН	закупівля для виконання нових завдань, рішення про яку може вимагати проведення ретельного дослідження;	Соціальні мережі, реклама, телебачення	Забезпечення повного проінформування клієнта про продукт та компанію.	копірайтерський, тобто текстовий;
ПОЛІМЕР ТЕХНІКА	повторна закупівля без змін, для здійснення якої вимагається досить стандартне звичне рішення;	Соціальні мережі, реклама, телебачення	Забезпечення повного проінформування клієнта про продукт та компанію.	дизайнерський, тобто креатив, спрямований на створення зримого образу;

У підсумку можна зауважити, що розроблений стартап-проект має можливість ринкової комерціалізації, перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможність.

5.2 Оцінка техніко-економічних показників модернізації

5.2.1 Обґрунтування доцільності проведення модернізації

Головним завданням проведення модернізації є вдосконалення конструкції інжекційного пристрою литтєвої машини.

З економічної точки зору основними цілями модернізації є:

- підвищення продуктивності обладнання;
- підвищена якість продукції;
- отримання економічного ефекту.

До переваг базової конструкції машини для лиття під тиском можна віднести експлуатаційну надійність і хороший рівень механізації, але дана машина має ряд недоліків: наявність браку та недостатня гомогенізація і продуктивність [17].

Під час модернізації було замінено конструкцію інжекційного вузла машини для лиття під тиском. Це рішення є промислово-придатним тому, що досягається підвищення змішувальної ефективності, що сприяє покращенню продуктивності машини в цілому і якості отриманих виробів.

Також у другій частині модернізації проведено впровадження автоматизованої системи завантаження. Це дозволяє забезпечувати можливість поліпшення гомогенізації набраної дози матеріалу, покращити якість полімерних виробів і зменшити кількість бракованої продукції.

Зведемо показники, що характеризують базову конструкцію та очікувані показники модернізованої машини до таблиці 5.23.

Таблиця 5.23 – Основні технічні показники установки

Показники	Одиниця виміру	Базова техніка	Модернізована техніка
Зайнята площа	м ²	10,4	10,4
Годинна продуктивність	кг/год	66	92
Річна продуктивність	кг/рік	373063	519984
Встановлена потужність	кВт	25	25
Маса	кг	2300	2300
Термін служби	років	10	10
Норма обслуговування	кіль. змінних осіб на добу	3	3

5.2.2 Витрати на придбання елементів для модернізації обладнання

Обладнання необхідне для модернізації установки закупаємо у заводу-виробника ВАТ «Більшовик». Ціна купленого обладнання наведено згідно даних ВАТ „Більшовик”.

Розрахунок витрат на придбання елементів модернізації обладнання представлений у таблиці 5.24.

Таблиця 5.24 – розрахунок витрат на придбання елементів модернізації обладнання

Витрати	Одиниця	Марка	Ціна за одиницю	Кількість	Сума, грн.
Зворотньо-кільцевий клапан			22660	1	22660
Транспортно-заготівельні витрати (6-8% вартості) Приймаємо 6% згідно [11]: $22660 \cdot 0,06 = 1359$ грн.					1359
Всього	22660+1359=24019 грн.				24019
Бункер загрузки			2800	1	2800
Транспортно-заготівельні витрати (6-8% вартості) Приймаємо 6% згідно [11]: $2800 \cdot 0,06 = 168$ грн.					168
Всього	2800+168=2968 грн.				2968

Ціна обладнання для модернізації:

$$C_H = 24019 + 2968 = 26987 \text{ грн} \quad (5.1)$$

5.2.3 Витрати на складально-монтажні роботи

Витрати складають 10-14% від ціни обладнання для модернізації. Приймаємо 10%. Таким чином:

$$Z_{\text{монт}} = C_H \cdot \frac{10}{100} \quad (5.2)$$

$$Z_{\text{монт}} = 26987 \cdot \frac{10}{100} = 26988 \text{ грн.}$$

Витрати на додаткові площі $Z_{\text{б\ddot{y}д}} = 0$, тому що $S_{\text{б\ddot{y}д}(\sigma)} = S_{\text{б\ddot{y}д}(\mu)}$.

Таким чином:

$$\Delta K = C_H + Z_{\text{монт}} + Z_{\text{б\ddot{y}д}} \quad (5.3)$$

$$\Delta K = 26987 + 26988 = 53975 \text{ грн.}$$

5.2.4 Розрахунок повних капітальні витрати по базовому обладнанню

Капітальні витрати розраховуються за формулою [6]:

$$K_B = C_B + C_M + K_{\partial M} + K_{\partial \kappa \partial} + K, \quad (5.4)$$

де $C_B = 820000$ грн. – вартість базового обладнання, що розглядається за даними ПАТ «Укрпластик»;

$C_H = 860000$ грн. – вартість модернізованого обладнання за даними ПАТ «Укрпластик»;

C_M - вартість суміжного обладнання, що працює у комплексі з цим зразком;

$K_{\partial M}$ - витрати на доставку та монтаж обладнання;

$K_{\partial \kappa \partial}$ - витрати на будову;

K - спеціальні витрати (КВП і автоматика та ін.).

Таблиця 5.25 – Витрати на суміжне обладнання

Суміжне обладнання	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Витяжний зонт	1	500	500
Всього		500	

Витрати на доставку, монтаж обладнання та будівництво фундаментів розраховують у відсотках від ціни обладнання (8-12%) згідно [6]. Приймаємо 10%:

$$K_{\partial M_B} = C_B \cdot \frac{10}{100}, \quad (5.5)$$

$$K_{\partial M_B} = C_B \cdot \frac{10}{100} = 820000 \cdot \frac{10}{100} = 82000 \text{ грн.}$$

$$K_{\partial M_H} = C_H \cdot \frac{10}{100} = 860000 \cdot \frac{10}{100} = 86000 \text{ грн.}$$

Витрати на виробничі будови обчислюємо за формулою:

$$K_{\delta y \partial} = S \eta_g \Pi_{\delta y \partial}, \quad (5.6)$$

$$K_{\delta y \partial_0} = K_{\delta y \partial_m} = 10,4 \cdot 1,5 \cdot 600 = 9360 \text{ грн.}$$

де $S = 10,4 \text{ м}^2$ - площа обладнання в плані;

η_g - коефіцієнт, що враховує додаткову площу на проходи, службові приміщення та ін., $\eta_g = 1,5$;

$\Pi_{\delta y \partial}$ - питома вартість виробничої площі, 600 грн/м^2 .

Спеціальні витрати (контрольно-вимірюючі прилади і автоматика та ін.) визначаються за даними підприємства, або 10-15% від ціни обладнання, що розглядається, згідно з [6]. Приймаємо 10%:

$$K_{c(\partial)} = \Pi_B \frac{10}{100}, \quad (5.7)$$

$$K_{c(\partial)} = 820000 \cdot \frac{10}{100} = 82000 \text{ грн.}$$

$$K_{c(m)} = \Pi_H \cdot \frac{10}{100}, \quad (5.8)$$

$$K_{c(m)} = 860000 \cdot \frac{10}{100} = 86000 \text{ грн.}$$

Отже визначаємо капітальні витрати:

$$K_B = 820000 + 500 + 82000 + 9360 + 82000 = 993860 \text{ грн.}$$

$$K_{H_m} = K_B + \Delta K - K_{\text{реал}}, \quad (5.9)$$

де $K_{\text{реал}}$ - кошти, отримані від продажу частини обладнання, яка підлягала модернізації, $K_{\text{реал}} = 0$.

$$K_{H_m} = 993860 + 53975 = 1047835 \text{ грн.}$$

5.2.5 Річна продуктивність обладнання

Годинна продуктивність базової та нової установки відповідно складає:

$$Q_{\text{сб}}=66\text{кг/год}),$$

$$Q_{\text{зм}}=91 \text{ (кг/год)}$$

Річна продуктивність визначається за формулою:

$$Q_p = Q_e \cdot F_o, \quad (5.10)$$

де Q_e – годинна продуктивність;

F_o – дійсний річний фонд часу роботи машини, год.

Дійсний річний фонд часу роботи обчислюється за формулою:

$$F_o = F_n \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (5.11)$$

де F_n – річний номінальний фонд часу роботи машини, год.;

Величина α приймається в межах 4–10%. При роботі на безперервному тижні без зупинок виробництва у святкові дні номінальний фонд є максимальним і складає 365 днів. Приймаємо $\alpha = 5 \%$ [6].

Номінальний фонд F_n визначаємо за формулою:

$$F_n = S \cdot (h \cdot D_p - t_n - D_n), \quad (5.12)$$

де $S = 1 - 3$ – кількість змін роботи. Приймаємо $S = 3$;

$h = 8 \text{ г}$ – тривалість робочої зміни;

$D_p = 251$ – кількість робочих днів у році за календарем;

$t_n = 4 \text{ г}$ – кількість неробочих годин у передсвяткові дні;

$D_n = 10$ – кількість святкових днів у році.

Тоді номінальний фонд часу складе:

$$F_{nn} = F_{nb} = 3 \cdot (8 \cdot 251 - 4 - 10) = 6144 \text{ год}$$

Дійсний фонд часу складе:

$$F_{дн} = F_{дб} = 6144 \cdot \left(1 - \frac{8}{100}\right) = 5652 \text{ год}$$

Річна продуктивність:

$$Q_{pb} = 66 \cdot 5652 = 373063 \text{ кг} / \text{рік}$$

$$Q_{pn} = 91 \cdot 5652 = 514332 \text{ кг} / \text{рік}$$

5.2.6 Поточні витрати

Поточні витрати на утримання та експлуатацію базової і модернізованої машини складаються з:

- заробітної плати;
- відрахувань на заробітну плату;
- витрат на електроенергію;
- витрат на утримання і поточний ремонт;
- витрат на утримання будівель;
- амортизаційні відрахування з машини;
- амортизаційні відрахування з будівлі.

Поточні витрати на утримання та експлуатацію базової та модернізованої машин складаються з заробітної плати, відрахувань на заробітну плату, витрат на електроенергію, витрат на утримання та ремонт обладнання, амортизаційних відрахувань, витрат на утримання та ремонт будівель, амортизаційних відрахувань на будівлі.

Витрати на оплату праці основних робітників, що обслуговують машину, розраховують за формулою:

$$C_3 = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^m t_{ci} \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{\partial\partial\partial} \quad (5.13)$$

де $t = 3$ – кількість робочих, які обслуговують обладнання в три зміни;

$t_{ci} = 35$ (грн) – годинна тарифна ставка робітників, які обслуговують обладнання

$\eta_{\partial\partial\partial}$ – коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати, він складає 1,5–1,7, приймаємо 1,5 [6].

Підставляючи числові дані, отримуємо:

$$C_3 = (3 \cdot 35 \cdot 5652 \cdot 1,5) = 890190 \text{ грн}$$

Нарахування на заробітну плату складають 38 % від суми основної і додаткової заробітної плати (єдиний соціальний внесок):

$$H_{C_3} = 0,38 \cdot 890190 = 338272,2 \text{ грн}$$

Витрати на електроенергію залежать від потужності електродвигунів, встановлених на установці, ступеня їх використання і обчислюються за формулою:

$$C_e = N_y \cdot F_{\partial} \cdot K_{\partial} \cdot K_m \cdot C_e, \quad (5.14)$$

де $N_y = 45$ кВт – потужність електродвигунів;

$K_{\partial} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів протягом робочого дня, складає 0,7–0,8, приймаємо рівним 0,8;

$K_m = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності електродвигунів машини, складає 0,7–0,8, приймаємо рівним 0,8 [22];

C_e – відпускна ціна 1 кВт·год складає 0.25 грн.

Підставляючи числові дані до (6.13), отримуємо:

$$C_e = 45 \cdot 5652 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,25 = 40694,4 \text{ грн}$$

Витрати на утримання і ремонт визначаємо у відсотках від вартості машини, відповідно до [22] вони складають 20,4% (2.4% - будівлі та споруди; 8% - обладнання; 10% - інструменти та засоби автоматизації):

$$C_{\partial y d} = K_{\partial y d} \cdot \frac{2,4}{100} \quad (5.15)$$

$$C_{\partial y d_B} = C_{\partial y d_H} = 9360 \cdot 0,024 = 224,64 \text{ грн}$$

$$C_{\partial b_l} = C_B \cdot \frac{8}{100} \quad (5.16)$$

$$C_{\partial b_l_H} = 860000 \cdot 0,08 = 68800 \text{ грн}$$

$$C_{\partial b_l_6} = 820000 \cdot 0,08 = 65600 \text{ грн}$$

$$C_{y.p.авт(\partial)} = K_{c(\partial)} \cdot \frac{10}{100} \quad (5.17)$$

$$C_{y.p.авт(б)} = 82000 \cdot 0,1 = 8200 \text{ грн}$$

$$C_{y.p.авт(м)} = K_{с(м)} \cdot \frac{10}{100} \quad (5.18)$$

$$C_{y.p.авт(м)} = 86000 \cdot 0,1 = 8600 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування на повне відновлення з установки розраховують за формулою:

$$A_{уст} = (Ц_{см} + K_{дм}) \cdot \frac{a}{100} + K_c \cdot \frac{a_c}{100}, \quad (5.19)$$

де $a = 15\%$, $a_c = 25\%$ – норма амортизаційних відрахувань з устаткування [22].

$$A_{устб} = (500 + 82000) \cdot \frac{15}{100} + 82000 \cdot \frac{25}{100} = 32875 \text{ грн}$$

$$A_{устм} = (500 + 86000) \cdot \frac{15}{100} + 86000 \cdot \frac{25}{100} = 34475 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування на повне відновлення з будівель розраховують за формулою:

$$A_{бюд} = K_{бюд} \cdot \frac{a_b}{100}, \quad (5.20)$$

де $a_b = 5\%$ – норма амортизації відрахувань з будівель [22].

$$A_{бюд_б} = A_{бюд_н} = 9360 \cdot \frac{5}{100} = 468 \text{ грн}$$

Поточні витрати на утримання і експлуатацію базової і модернізованої техніки розраховують на рік по статтях приведеним у таблиці 5.26.

Таблиця 5.26 – Поточні витрати на утримання і експлуатацію базової і модернізованої техніки

Стаття	Витрати, грн	
	базова установка	модернізована установка
1. Заробітна плата	890190	890190
2. Відрахування на заробітну плату	338272,2	338277,2
3. Витрати на електроенергію	40694,4	40694,4
4. Витрати на утримання і поточний ремонт обладнання	65600	68880
5. Витрати на утримання будівлі	224,64	224,64
6. Амортизаційні відрахування на	32875	34475

обладнання		
7. Амортизаційні відрахування на будівлі	468	468
Разом	1368324,2	1373209,2

5.2.7 Оцінка ефективності модернізації

Оцінка ефективності розраховується:

$$E = (Z_{пб} + E_n \cdot K_б) \cdot \frac{Q_n}{Q_б} - (Z_{пн} + E_n \cdot K_n); \quad (5.21)$$

де: $Z_{пб}$ та $Z_{пн}$ – поточні витрати по базовому та новому обладнанню;

Q_n та $Q_б$ – річна продуктивність (базова та нова);

$E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$K_б$ та K_n – капітальні витрати по базовому та модернізованому обладнанню.

$$E = (823373 + 0,15 \cdot 993860) \cdot \frac{519984}{373063} - (828633 + 0,15 \cdot 1047835) = 27837 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.27 – Техніко-економічні показники

Показники	Одиниця виміру	Техніка	
		базова	модернізована
Річна продуктивність	кг/рік	373063	519984
Годинна продуктивність	кг/год	66	92
Маса	кг	2300	2300
Установлена потужність	кВт	25	25
Ціна обладнання	грн	820000	860000
Капітальні витрати	грн	993860	1047835
Поточні витрати при експлуатації машини	грн	823373	828633
Чисельність обслуговуючого персоналу	осіб на добу	3	3
Продуктивність праці	кг/люд.рік	124354	173328
Річний економічний ефект.	грн	–	27837

Проведений економічний розрахунок доводить економічну доцільність проведення модернізації обладнання, що було розглянуто, а саме зворотнього кільцевого клапана пластикації та бункера загрузки, інжекційного пристрою машини для лиття під тиском. Після проведення модернізації продуктивність машини для лиття під тиском збільшилась на 28%, а загальний економічний ефект становить 27837 грн.

6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналізи небезпечних та шкідливих факторів

1) Дотримання законодавчих нормативних актів про охорону праці веде до зниження травматизму на виробництві. Для цього проводимо науковий аналіз умов праці [5].

2) Охорона праці та навколишнього середовища містить у собі питання безпеки праці, попередження травматизму і професійних захворювань; питання правової охорони праці; вибухів і пожеж на виробництві. Також з охороною праці пов'язані і питання пожежної безпеки в електроустановках. Електричні станції і мережі оснащені сучасною технікою, в основу якої - закладені принципи охорони праці. Безпечні конструкції електричних машин, механізмів і інших пристроїв повинні забезпечити здоров'я і безпечні рівні праці для обслуговуючого персоналу.

3) Технічне завдання дипломної роботи: «Машина для лиття під тиском з модернізацією інжекційного пристрою».

4) Визначаємо шкідливі небезпечні виробничі фактори. Оператор знаходиться біля пульта керування у операторській. Кімната оператора управління знаходиться в цеху, розміри цеху: висота $L=6\text{м.}$, площа: $S=1600\text{м}^2$, об'єм: $V=9600\text{м}^3$. Розміри операторської кімнати: висота $L=3\text{м.}$, площа $S=36\text{м}^2$, об'єм $V=108\text{м}^3$.

ШНВФ, які впливають на оператора:

- повітря робочої зони;
- виробничий шум, вібрації;
- частин машини для лиття під тиском що рухаються;
- небезпека враження електричним струмом;
- надзвичайні ситуації.

5) Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. При проектуванні нової техніки повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства по охороні праці.

6.2 Повітря робочої зони

Робота оператора, який обслуговує машину для лиття під тиском відноситься до категорії легких фізичних робіт згідно ГОСТ 12.1.005-88/98 з енерговитратами 630 Кдж/год.

У операторській встановлена загально-обмінна вентиляція за допомогою механічної витяжки для приточування повітря. Вхідне повітря від пилу фільтрується за допомогою скрубера. У цій системі повітря подається в приміщення вентиляцією приточування, а віддаляється витяжкою, що працюють одночасно. Приток повітря проводиться в робочу зону, а витяжка - з верхньої зони приміщення ділянки.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запилене повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, встановлених ГОСТ 12.1.005-88 і СНиП 2 04.05-84.

У цеху також встановлена система опалення та кондиціонер.

Всі проведені заходи забезпечують у виробничому приміщенні такі параметри повітря:

- температура повітря в робочій зоні в холодний період року складає: 20-23 °С – допустима і 19-21 °С – фактична, а в теплий період: 22-25 °С та 21-23 °С відповідно;

- відносна вологість складає 40-60%;

- швидкість руху повітря – 0,2 м/с.

- ГДК пилу 6 мг/м³ – допустима, 2 мг/м³ – фактична.

6.3 Виробничий шум

До джерел шуму на підприємстві, де встановлена обертова піч, належать:

- редуктора
- електродвигуни привода;
- зубчасті передачі;
- опорні ролики;
- шум у підшипниках;
- вентилятори.

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку складає 105дБА, а нормативне значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99 складає 80дБА. Тому було прийнято наступні міри:

застосовуємо амортизатори(-20 дБА).

застосовуємо змащення всіх рухомих частин машини(-10дБА);

застосовуємо балансування обертових частин машини (-10дБА).

В якості амортизаційного елемента використовуємо торсіон, який має енергоємність в 1,5 рази більшу ніж у пружини.

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку складає 65дБА, а нормативне значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99.

У операторській, виконаній з бетону товщиною 200мм, та обшитої скловолокном, рівень шуму складає 20 дБА.

Для захисту органів слуху оператора, при проведенні робіт поза операторською використовуються навушники.

6.4 Вібрація

До джерел вібрації у даному випадку належать електродвигуни й обертові частини машини для лиття під тиском. Посилення вібрації відбувається за рахунок неточності установки обертових частин; через нещільність з'єднання

корпусів обертових частин до фундаменту. У даному випадку спостерігається загальна вібрація, що передається через опори на оператора. Робітник мало піддається вібрації, тому що він знаходиться далеко від опор печі. Він знаходиться біля пульта керування, тому загальна вібрація не впливає конкретно на нього.

Для зниження вібрації прийняті наступні міри:

- застосовуємо масляні ванни;
- застосовуємо додаткові ребра жорсткості;
- так як спостерігається, в основному, вібрація низьких і середніх частот, то покриття корпусів редукторів приймаємо тверді, металеві на основі алюмінію й міді;
- віброгашення, що здійснюється за рахунок установки агрегатів на фундаменті.

Покриття особливо відповідальних частин дорівнює 0,005мм, не особливо відповідальних 0,1мм.

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни.

Тривалість одноразового безупинного впливу вібрацій не перевищує 15-20 хв, а при такому режимі обідня перерва не менш 40 хв.

Рівень загальної вібрації печі не перевищує 10 ÷ 12дБ, що відповідає ДСН 3.3.6.039-99.

Небезпека впливу частин машини для лиття під тиском, що рухаються й обертаються

Механізмами, які обертаються є: запирання форми, черв'як, шестерні, ролики, муфти. Ці механізми є небезпечними, тому що можливе нанесення механічних травм і можуть викликати людську смерть. З метою запобігання травм встановлені огороження.

Робітники забезпечені індивідуальними засобами захисту:

- комбінезонами групи М – для захисту від механічних пошкоджень;
- спеціальне взуття відповідне до спецодягу;

засоби захисту рук – рукавиці з бавовни;
респіратори ШБ-1.

Для огороження використовуємо зварені з лозин у виді ґрат екрани.

Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах.
Вінцева шестерня закрита спеціальним кожухом.

Для аварійної зупинки машини передбачені аварійні пристрої, гідроупори, вимикачі, а на пульті керування - аварійні кнопки.

6.5 Електробезпека

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування машиною для лиття під тиском, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга $U = 220/380$ В, з частотою $f = 50$ Гц із глухо-заземленою нейтраллю.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути наступні:

- помилкове вмикання установки;
- пробій на корпус;
- дотик людей до відкритих струмопровідних частин електроустановки;
- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання. Трифазні ланцюги згідно “Правилам устрою електроустановок” (ПУЕ), при напрузі до 1000 В приймаються, як трьохпровідні ланцюги з глухо-заземленою нейтраллю.

Небезпека враження для людини визначається опором ланцюга людини. Зі зменшенням цих опорів ця небезпека збільшується.

Як величину тривалої враження струмом при нормальних умовах застосовують силу струму $I = 0,01$ А. При тривалому влученні під напругу силу струму, що допускається, приймають рівній силі струму, не зухвалих порушень у режимі ритму роботи серця.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: застосуванням малих напруг, захисним поділом мереж, контролем і профілактикою ушкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, захисним зануленням, захисним відключенням, застосуванням засобів індивідуального захисту й ін.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступних заходів обережності:

- рубильники включення установки знаходиться в спеціальній шафі;
- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;
- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку влучення людини під напругу;
- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, постачити затисками для підключення занулення.

Біля датчиків занулення нанести незмивний фарбою знаки «Земля» згідно ГОСТ 12.1.030-81.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на іспитовій напрузі $U=200$ В с частотою $f=50$ Гц протягом 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менш $0,5$ мОм.

Для трифазної мережі з глухо-заземленою нейтраллю при режимі роботи у випадку дотику до однієї фази струм через людину дорівнює:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{r + z_0} = \frac{220}{0,4 + 0,2} = 366,67 \text{ А},$$

, де $U_{\phi} = 220$ В - фазну напругу;

r - опір провідника, приймаємо $r=0,4$ Ом;

z_0 - опір нульового провідника, приймаємо $z_0=0,2$ Ом.

Схема занулення включає наступні елементи: нульовий захисний провід (провідник, що з'єднує зануляемі частини з глухозаземленою нейтраллю джерела

в трифазних мережах, з ґдухозаземленим виводом джерела однофазного струму, з ґрухозаземленою середньою точкою в мережах постійного струму), який слугить для створення ланцюга з малим опором для струму замикання мережі на корпус і перетворення цього замикання в коротке замикання;

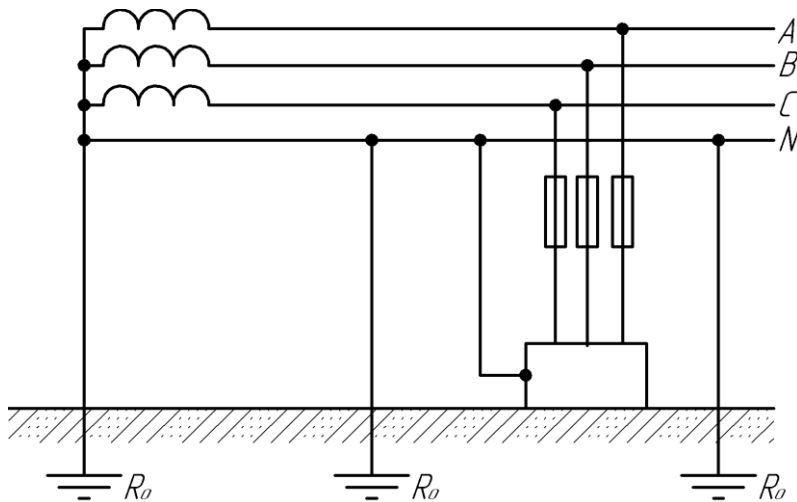


Рисунок 6.1. Принципова схема занулення

робоче заземлення (заземлення нейтралі трифазного джерела, виведення однофазного джерела або середньої точки джерела постійного струму, R_o); повторне занулення нульового захисного проводу (заземлення виконане через певні проміжки по всій довжині нульового захисного проводу, R_p).

Вимоги зануленню складаються наступному: провідники занулення вибираються так, щоб при замиканні на корпус або на нульовий захисний провід виникав струм короткого замикання перевищуючий неменше ніж в три рази номінальний струм плавкого елемента найближчого запобіжника, або нерегульованого розчеплювача або установку струму регульованого розчеплювача автоматичного вимикача з зворотнозалежну від струму характеристикою.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: застосуванням малих напруг, захисним поділом мереж, контролем і профілактикою ушкодження ізоляції, подвійною ізоляцією,

забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним зануленням, захисним відключенням, застосуванням засобів індивідуального захисту та ін.

6.6 Надзвичайні ситуації

1) Серед причин, що можуть викликати загорання, найбільш імовірними є такі:

- несправність електроустаткування;
- струми короткого замикання і навантаження кабелів живлення;
- загорання ізоляції електропроводки;
- загорання сировини ПЕВГ;
- використання вогню в неналежному місці.

Згідно з ОНТП 24 - 86 приміщення проектованої машини для лиття під тиском відноситься до категорії В – пожежонебезпечні, так як містить горючі речовини, клас зони П – Па (ПУЕ). Згідно з СНиП 2.01.02-85 приміщення відноситься до першого ступеню вогнетривкості.

2) Запобігання запалення забезпечується такими мірами:

- дотриманням технологічних норм і правил експлуатації;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- палінням тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасним проведенням інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організацією агітації по протипожежній безпеці;
- наявністю засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявністю засобів пожежогасіння в безпосередній близькості від установки (пісок, ковдри, вогнегасники).

Для гасіння невеликих ділянок загорання при виключеному та включеному (до 1000В.) електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (6 шт.) та порошкові ОП-10 (3 шт.).

У приміщенні встановлені пожежні гідранти, теплові сповіщувачі, які спрацьовують при підвищенні температури до вище заданої межі. Засобом захисту статичної електрики є занулення.

Первинними засобами гасіння пожежі є порошкові вогнегасники ДСТУ 3105 Вексон-АВС 50 ТУ 2149-028-10968286 у кількості:

- "САМ-6", "САМ-9" 10 шт;
- ящики з піском - 5 шт;
- гасіння (стаціонарне, ручне);
- пожежні гідранти - 4 шт.

В установках пожежогасіння (порошкових закачних) існує принцип дії суміщення з принципом дії теплового замка, що дозволяє використовувати "САМ-3", "САМ-6", САМ-9" для протипожежного захисту об'єктів без участі людини для гасіння пожеж: класу А (горіння твердих речовин), класу В (горіння рідких речовин), класу С (горіння газоподібних речовин) згідно ГОСТ 27331-87, а також електроустановок, кабельних тунелів під напругою до 1000 В. Установки також можуть застосовуватися в якості автономного засобу пожежогасіння для захисту невеликих за об'ємом об'єктів (гаражних боксів, контейнерів, дизельних відсіків, складів і т.п.).

Установки виготовляються в кліматичному виконанні. У категорії розміщення 3 по ГОСТ 15150-69 для роботи при температурах від -20 до + 50С при відносній вологості повітря до 95%.

У приміщенні, де розташовується установка, на відстані 30 метрів одне від одного встановлені пожежні гідранти з рукавами довжиною до 10 метрів. Відстань до пожежного виходу не більше 40 метрів.

Кількість виходів - не менше двох. Ширина ділянки шляху евакуації 1,5 м., ширина дверей еваковиходу - 1 метр. Двері еваковиходу повинні відкриватись назовні, що відповідає СНиП 2.09.02-85.

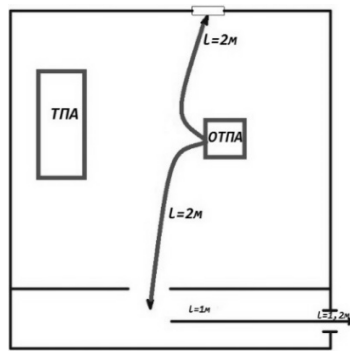


Рисунок 6.2. план-схема евакуації

Згідно ПУЕ на заводі споживачі електроенергії виробничого цеху відноситься до 1 категорії надійності електропостачання.

3) Пожежа при роботі машини для лиття під тиском може виникнути ще й по наступним причинах:

- ремонт устаткування на ходу;
- несправне устаткування (коротке замикання, перевантаження, великі перехідні опори);
- знос і корозія устаткування.

ВИСНОВКИ

Метою дипломної дисертації було проведення модернізації інжекційного пристрою машини для лиття під тиском. Для цього були проведені наступні етапи виконання роботи:

- дослідження недоліків конструкції базової машини;
- проведено огляд літератури та патентів з метою обрання модернізації інжекційного пристрою машини.

Було переглянуто різноманітні ідеї вдосконалення інжекційного пристрою та механізмів, які входять до литтєвої машини. Внаслідок цього було обрано із запропонованих найбільш вдалі внесення змін у конструкцію та остаточно обгрунтовано напрямки модернізації. У базову конструкцію при цьому було внесено вдосконалення конструкції інжекційного пристрою, а саме встановлення додаткових змішувальних елементів та впровадження пристрою подачі гранульованого матеріалу в бункер, сушарки та механізму заслінки.

Отже виконавши дані модернізації конструкції досягається суттєве підвищення змішувальної ефективності за умов запобігання втрат тиску при заповненні прес-форми, істотне поліпшення гомогенізації набраної дози матеріалу, що сприяє покращенню якості полімерних виробів і зменшену кількість бракованої продукції, що сприяє покращенню продуктивності машини в цілому і якості отриманих виробів та досягається підтримка певного рівня гранульованого матеріалу в бункері без застосування автоматики, в результаті чого, запобігається пересипання продукту (гранульованого матеріалу) через край бункера і тим самим

ліквідуються втрати продукту засипки, поліпшуються умови праці обслуговуючого персоналу і підвищується культура виробництва.

У дипломній дисертації в пояснювальній записці виконані розділи очікувані механіко-економічні показники та стартап-проект, охорони праці та автоматизація.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматичні прилади й обчислювальні системи. Довідковий посібник/ За редакцією Кошарського Б.Д. Ленінград. Машинобудування 1976р.
2. Басов Н.И., Ким В.С., Скуратов В.К. Оборудование для производства объемных изделий из термопластов. М., Машиностроение, 1972. 217ст.
3. Гурович С.Г. Розрахунки і конструювання машин для переробки пластичних матеріалів. / Гурович С.Г., Ильяшенко Г.А., Мочман Ш.Е. М., Машинобудування», 1970, 296с.
4. Завгородний В.К. Литьевые машины для термопластов и реактопластов/ Завгородний В.К., Калимечев Э.Л. 1968, 374 ст.
5. Методические указания по выполнению раздела «Охрана труда» в дипломных проектах и работах студентов специальностей факультетов химического машиностроения и химико-технологического/За редакцією В.Ф. Селедцов, А.Т. Орленко, З.С. Ступицкая, М.А. Халимовский, Киев КПИ, 1979г
6. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту /За редакцією Розенплентер А.Е., Панішева Т.В. КИЇВ КПІ 2001р.
7. Оборудование для переработки пластмасс. справочное пособие/ Под. ред. В.К. Загороднего. М.,Машиностроение, 1976 – 407 стор
8. Основы автоматики й автоматизації хімічних виробництв. Москва. Хімія 1965р.

9. Патент № 2085375 Росія, Устройство подачи гранулированного материала в бункер./ Полоско Васлий Антонович; Стромков Владимир Анатольевич. МПК В29С 31/02, В29С 45/18, В29С 47/10.

10. Патент № 34306 Україна, Інжекційний вузол машини для лиття під тиском./ Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Щербина Валерій Юрійович; Корнійчук Сергій Михайлович. МПК В29В 7/00, 11.08.2008.

11. Патент № 47158 Україна, Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском./ Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Кушнір Михайло Сергійович. МПК В29В 7/00, 25.01.2010.

12. Патент № 66172 Україна, Литтєва машина./ Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Рябінін Дмитро Дмитрович; Сідоров Дмитро Едуардович; Івіцький Ігор Ігорович. МПК В29С 45/46 2011.12.

13. Патент № 89800 Україна, Інжекційний механізм машини для лиття під тиском./ Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович. МПК В29С 45/54 2006.01.

14. Радченко Л.Б., Сівкцький В.І. «Основи конструювання і моделювання черв'ячних екструдерів» - Київ:2002 – 152 стор.

15. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

16. Рябінін Д.Д. Червячні машини для переробки пластичних мас і гумових сумішей./ Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. М.Машинобудування, 1965 – 345 с.

17. Т. Оссвальд. Литье пластмасс под давлением/ Т. Оссвальд, Л.-Ш. Тунг, П.Дж. Грэмманн. 2006, 712 ст.

ДОДАТОК А

Таблиця 1 – Таблиця розглянутих патентів

№ п.п	предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1.	Інжекційний механізм машини для лиття під тиском	<u>UA, №89800 U</u> <u>МПК B29C45/54</u> <u>(2006.01)</u> Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович;	Інжекційний механізм машини для лиття під тиском містить завантажувальну горловину, споряджену заслінкою для регулювання подачі перероблюваного матеріалу, корпус, всередині якого розташований з можливістю переміщення відносно повздовжньої осі шнек, який кінематично зв'язаний із заслінкою за допомогою механізму регулювання зворотно-поступального переміщення заслінки.
2.	Литьевой термопластавтомат для изготовления изделий из пластмасс	<u>RU, №2010715 C1</u> <u>МПК B29C45/66,</u> <u>B29C45/14</u> 15.04.1994 Титоренко Владимир Алексеевич, Титоренко Виктор Владимирович	Использование: для изготовления изделий из пластмасс, в частности, в литьевых термопластавтоматах. Сущность изобретения: литьевой термопластавтомат, содержащий станину, пластикатор, литьевое сопло и модуль пресс-формы снабжен устройством газоотвода, цилиндрической муфельной печью с выходным и входным каналами, поршнем муфельной печи с его приводом, управляемым и обратным клапанами муфельной печи, при этом выходной канал муфельной печи соединен посредством управляемого клапана с литьевым соплом, а обратный клапан муфельной печи установлен в ее входном канале, соединенном с выходом пластикатора через указанное устройство пластикатора.

Продовження табл. 1

3.	Термопластавтомат	<u>UA, №35601, U</u> <u>МПК В29В 7/30</u> (2006) Литвиненко Михайло Григорович	Термопластавтомат, що містить порожнистий матеріальний циліндр із завантажувальним і розвантажувальним отворами та розташованим всередині з можливістю обертання черв'яком з гвинтовою нарізкою на ньому, яка утворює канал з зонами плавлення, розподілу, гомогенізації та стабілізації розплаву, а на зовнішній поверхні матеріального циліндра розташовані стрічкові кільцеві тени, який відрізняється тим, що матеріальний циліндр разом з кільцевими тенами по всій поверхні по довжині та по колу виконано огорнутим теплоізолюючим чохлом, який складається з модулів, без проміжків між ними, а чохол виконано багат шаровим з жаростійкої, теплостійкої тканини та жаростійкого наповнювача між ними.
----	-------------------	---	--

4.	Литтєва машина	<p><u>UA, №66172, U</u> <u>МПК В29С 45/46</u> <u>(2011)</u> Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Рябінін Дмитро Дмитрович; Сідоров Дмитро Едуардович; Івіцький Ігор Ігорович.</p>	<p>Відноситься до переробки пластмаси і призначене для використання в машинах для лиття пластмас під тиском. змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском, містить матеріальний циліндр, наконечник з упором, закріплений на шнеку, та втулку, яка встановлена з можливістю осьового руху відносно наконечника та матеріального циліндра, який відрізняється тим, що втулка закріплена на наконечнику в коловому напрямку, при цьому на зовнішній поверхні втулки та внутрішній поверхні матеріального циліндра виконані заглиблення, які утворюють між собою канали для протікання полімеру, а на торцевій поверхні втулки, з боку шнека, виконані спряжені з заглибленнями на зовнішній поверхні втулки наскрізні отвори. Отже виконавши дану модернізацію конструкції зворотнього кільцевого клапана інжекційного вузла машини для лиття під тиском, досягається суттєве підвищення змішувальної ефективності за умов запобігання втрат тиску при заповненні пресформи, що сприяє покращенню продуктивності машини в цілому і якості отриманих виробів.</p>
----	----------------	---	---

Продовження табл. 1

5.	Устройство подачи гранулированного материала в бункер	<p>RU № 2085375 R МПК В29С 31/02, В29С 45/18, В29С 47/10. Полоско Васлий Антонович; Стромков Владимир Анатольевич.</p>	<p>Технічним результатом є підтримка певного рівня гранульованого матеріалу в бункері без застосування автоматики, в результаті чого, запобігає пересипання продукту (гранульованого матеріалу) через край бункера і тим самим ліквідуються втрати продукту засипки, поліпшуються умови праці обслуговуючого персоналу і підвищується культура виробництва. Результат досягається тим, що в пристрої подачі гранульованого матеріалу в бункер, що містить матеріалопроводи і повітряний трубопровід, з'єднані між собою ежекторної установкою з вихідним патрубком, кінець якого опущений в бункер, на кінці вихідного патрубка виконані отвори, діаметр яких перевищує розмір гранул. Крім того, отвори на кінці вихідного патрубка можуть бути розташовані в декілька рядів.</p>
----	---	---	--

6.	Інжекційний вузол машини для лиття під тиском	<u>UA, №34306 U</u> <u>МПК В29В 7/00</u> (2006) Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Щербина Валерій Юрійович; Корнійчук Сергій Михайлович	Інжекційний вузол машини для лиття під тиском належить до обладнання для переробки полімерних матеріалів методом лиття під тиском і може бути використаний для виготовлення виробів довільної форми на машинах із шнековою підготовкою полімеру за умови реалізації в одну стадію процесів змішування і лиття.
7.	Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском	<u>UA, №34111 U</u> <u>В29В 7/00</u> (2006) Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Кушнір Михайло Сергійович	Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском містить циліндр, наконечник з упором, закріплений на шнеку, та втулку, яка встановлена з можливістю осьового руху відносно наконечника та циліндра. Втулка закріплена в циліндрі в коловому напрямку, при цьому торцеві поверхні втулки та упора наконечника, які повернуті одна до одної, мають заглиблення, причому заглиблення принаймні на одній торцевій поверхні при обертанні шнека можуть з'єднувати щонайменше два заглиблення на іншій торцевій поверхні.

ЗМІСТ

1 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ	2
1.1 Параметричні розрахунки	2
1.1.1 Розрахунок циклограми роботи машини	2
1.1.2 Розрахунки геометрії черв'яка.....	6
1.1.3 Розрахунок інжекційного пристрою	8
1.1.4 Розрахунок потужності приводу обертового руху черв'яка інжекційного вузла.....	11
1.1.5 Розрахунок на міцність запропонованої модернізації інжекційного пристрою машини для лиття під тиском методом СЕ	13
2 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК.....	16
3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ В ПРОГРАМІ MOLDFLOW	20
ПЕРЕЛІК	23
ПОСИЛАНЬ	23
ДОДАТКИ	24

					ЛП71мп.047146.01-70РР						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Зарудна Т.С			Темопластавтомат з модернізацією інжекційного пристрою			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Сівецький В.І.								1	35
Керівник								КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.											
Затверд.		Гондляр О.В.									

1 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ

1.1 Параметричні розрахунки

1.1.1 Розрахунок циклограми роботи машини

При модернізації машини для лиття під тиском з таким інжекційним пристроєм ми досягаємо більшої продуктивності. Оскільки наш механізм може більш ефективно змішувати за рахунок зворотно-поступального руху втулки з поглибленнями. Це дає змогу збільшити годинну продуктивність машини, так як зменшується час пластикації.

Циклограма роботи базової машини:

Розрахунок складових циклу проведемо за [1]:

Час охолодження виробу:

$$\tau_{ox} = \frac{0,084 \cdot \delta^2}{a} \lg \left(0,785 \cdot \frac{T_{инж} - T_{фор}}{T_{вир} - T_{фор}} \right) \quad (1.1)$$

де $\delta = 0,004\text{м}$ – товщина виробу;

a – коефіцієнт теплопровідності ПЕВГ за [8]: $a = 1,12 \cdot 10^{-7} \frac{\text{М}^2}{\text{с}}$;

$T_{\phi} = 50^{\circ}\text{C}$ - температура форми;

$T_{вир} = 70^{\circ}\text{C}$ - температура виробу;

$T_{инж} = 200^{\circ}\text{C}$ - температура розплаву в момент заповнення форми;

$$\tau_{ox} = \frac{0,084 \cdot \delta^2}{a} \lg \left(0,785 \cdot \frac{T_{инж} - T_{фор}}{T_{вир} - T_{фор}} \right) = \frac{0,084 \cdot 0,004^2}{1,12 \cdot 10^{-7}} \lg \left(0,785 \cdot \frac{200 - 50}{75 - 50} \right) = 8,88\text{с} \quad (1.2)$$

Час вприску:

$$\tau_{впр} = \frac{W_0}{Q_{інж}} \quad (1.3)$$

де $W_0 = 63 \text{ см}^3$ – об’єм відливки;

$Q_{інж}$ - номінальна об’ємна швидкість інжекції після модернізації: $140 \text{ см}^3/\text{с}$

Тоді:

$$\tau_{впр} = \frac{W_0}{Q_{інж}} = \frac{63}{140} = 0,45 \text{ с} \quad (1.4)$$

Час змикання (розмикання) форми:

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V} \quad (1.5)$$

де $H_{ходу}$ - відстань між пів формами;

V - швидкість руху запираючого пристрою, $V_{\max} = 0,25 \text{ м/с}$

Тоді,

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{V} = \frac{0,45}{0,25} = 1,8 \text{ с} \quad (1.6)$$

Час охолодження литника:

$$\tau_{ох.литн} = \frac{R_{л}^2}{5,76 \cdot a} \cdot 2,31 \cdot \lg \cdot \frac{1,6 \cdot (T_{л} - T_{ф})}{T_{вир} - T_{ф}} \quad (1.7)$$

Де R_l - радіус литника;

α – коефіцієнт температуропровідності полімеру;

Циклограма роботи зображена на Рисунок 1.1.

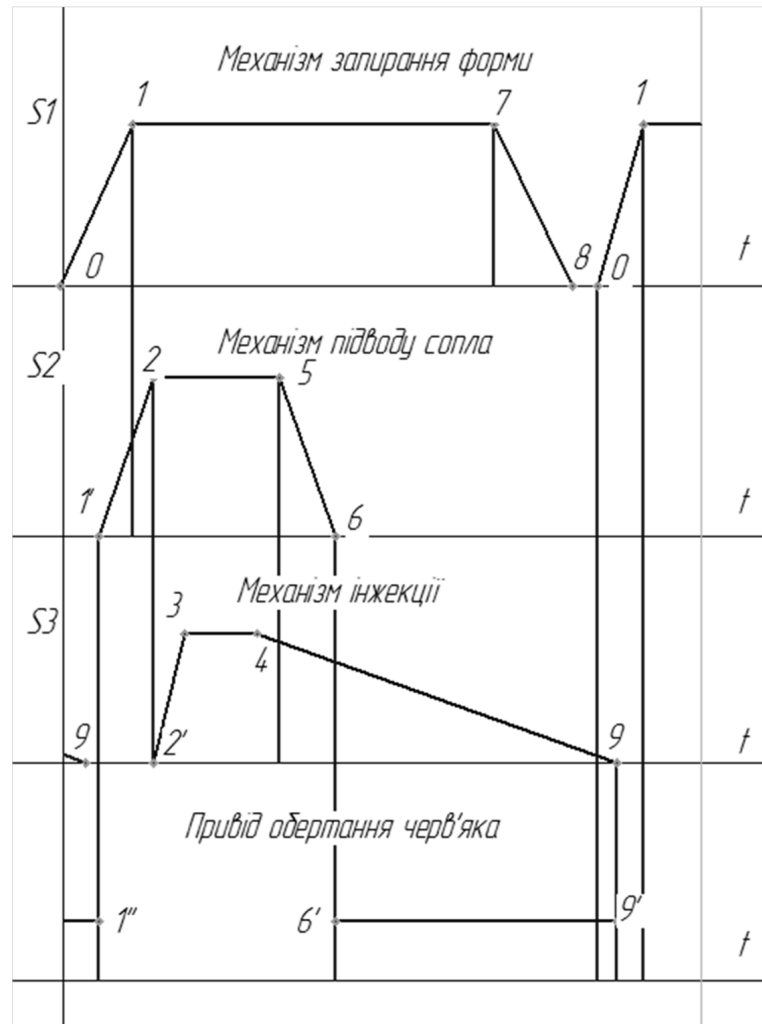


Рисунок 1.1 – Циклограма роботи машини

Опис циклограми роботи машини

0-1 - запирання форми;

1'-2-підвод сопла гідроциліндром

2'-3-підготовка перед впорскуванням

3-4-інжекція

5-6-відвод механізму інжекції

4-9-пластикація матеріалу

7-8-розмикання форми

6`-9`-обертання шнека;

Тоді,

$$\begin{aligned}\tau_{ох.литн} &= \frac{R_{л}^2}{5,76 \cdot a} \cdot 2,31 \cdot \lg \left(\frac{1,6 \cdot (T_{л} - T_{\phi})}{T_{вир} - T_{\phi}} \right) = \\ &= \frac{0,0015^2}{5,76 \cdot 1,12 \cdot 10^{-7}} \cdot 2,31 \cdot \lg \left(\frac{1,6 \cdot (200 - 50)}{75 - 50} \right) = 7,5c\end{aligned}\quad (1.8)$$

Загальний час циклу:

$$\begin{aligned}\tau &= \tau_{впр} + \tau_{змик.розм.ф.} + \tau_{ох.литн} + \tau_{зан.конл} + \tau_{відпир.кон.} = \\ &= 0,45 + 3,6 + 7,5 + 1 + 1 = 13,5c\end{aligned}\quad (1.9)$$

Час пластикації:

$$\begin{aligned}\tau_{пл} &= \tau_{ц} - \tau_{впорск} - \tau_{ох.литн} - \tau_{зан.кон.} - \tau_{відпир.кон.} = \\ &= 13,5 - 0,45 - 7,5 - 1 - 1 = 3,5c\end{aligned}\quad (1.10)$$

Вагова продуктивність:

$$П = \frac{V \cdot \gamma}{\tau_{пл}} \cdot 3600 = \left(\frac{63 \cdot 10^{-6} \cdot 968}{3,5} \right) \cdot 3600 = 91 \frac{кг}{год} \quad (1.11)$$

З розрахунків продуктивності та часу циклу видно, що продуктивність машини збільшилась на 13 %.

1.1.2 Розрахунки геометрії черв'яка

Вихідні дані :діаметр черв'яка $D=50\text{мм.}$, загальна довжина черв'яка $24D$, матеріал що перероблюється – ПЕВГ.

Проводимо розрахунок геометрії черв'яка згідно [2] :

Визначимо загальну довжину нарізної частини черв'яка (Рисунок 1.2):

$$l_p = 24 \cdot D = 24 \cdot 50 = 1200 \text{мм}; \quad (1.12)$$

Довжина зони завантаження:

$$l_2 = (0,25 \dots 0,35) l_p = 0,3 \cdot 1200 = 360 \text{мм}; \quad (1.13)$$

Довжина зони дозування:

$$l_4 = (0,4 \dots 0,6) l_p = 0,5 \cdot 1200 = 600 \text{мм}; \quad (1.14)$$

Довжина зони пластикації:

$$l_3 = 0,2 \cdot l_p = 0,2 \cdot 1200 = 240 \text{мм}; \quad (1.15)$$

Ширина гребня витка:

$$e = (0,06 \dots 0,12) D = 0,1 \cdot 50 = 5,0 \text{мм} \quad (1.16)$$

Крок нарізки:

$$t = (0,8 \dots 0,12) D = 1 \cdot 50 = 50 \text{мм.} \quad (1.17)$$

Глибина нарізки черв'яка в зоні дозування:

$$h_2 = (0,12 \dots 0,16) D = 0,15 \cdot 50 = 7,5 \text{мм}; \quad (1.18)$$

Глибина нарізки черв'яка в зоні завантаження:

$$h_1 = (0, 1 \dots 0, 14) D = 0,13 * 50 = 6,5 \text{ мм}; \quad (1.19)$$

Діаметр стержня в зоні завантаження:

$$d_1 = D - 2h_1 = 50 - 2 \cdot 6,5 = 37 \text{ мм}; \quad (1.20)$$

Глибина нарізки в зоні дозування:

$$h_2 = \frac{1}{2} \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = \frac{1}{2} \left[50 - \sqrt{50^2 - \frac{4 \cdot 6,5}{1,5} (50 - 6,5)} \right] = 4,1_{MM}; \quad (1.21)$$

де $i=(1,5...3)$ – коефіцієнт стиснення;

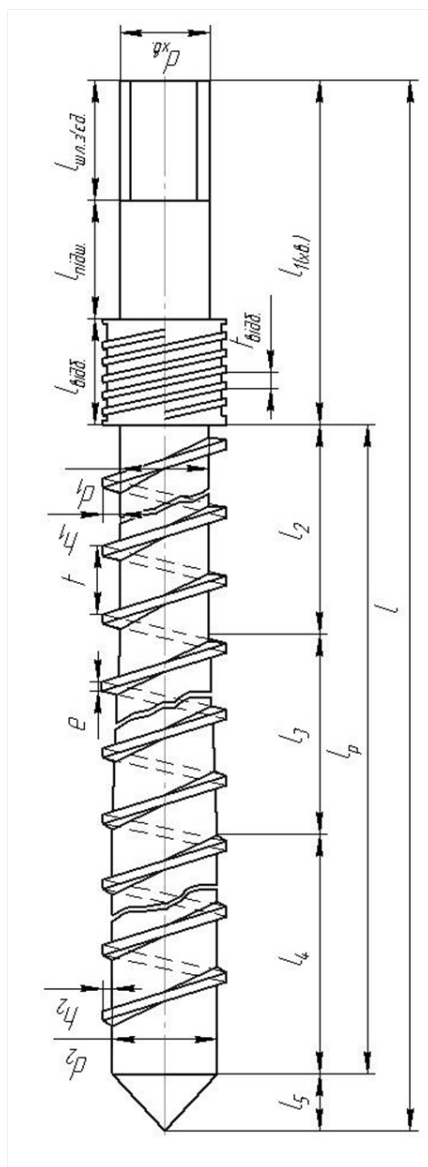


Рисунок 1.2 – Розрахункова схема черв'яка

Діаметр черв'яка в зоні дозування:

$$d_2 = D - 2h_2 = 50 - 2 \cdot 4,1 = 41,8 \text{ мм}; \quad (1.22)$$

Довжина циліндричної зони:

$$l_5 = (0,7 \dots 1,5)D = 1,5 \cdot 50 = 75 \text{ мм}; \quad (1.23)$$

Довжина хвостової частини :

$$l_{1(x\theta)} = (1 \dots 2)D = 2 \cdot 50 = 100 \text{ мм}; \quad (1.24)$$

Діаметр хвостовика:

$$d_{x\theta} = 42 \text{ мм}; \quad (1.25)$$

Зазор між корпусом і черв'яком:

$$\delta = (0,002 \dots 0,003)D = 0,1575 \text{ мм}; \quad (1.26)$$

1.1.3 Розрахунок інжекційного пристрою

Діаметр шнека з умови забезпечення заданого об'єму впорску:

$$D_1 = \left(\frac{V \cdot k}{0,785 \cdot k_1} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{63 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3}{0,785 \cdot 2,25} \right)^{\frac{1}{3}} \approx 0,050 = 50 \text{ мм}, \quad (1.27)$$

де $k = 1,3$ - коефіцієнт, що враховує витрати та стиснення полімеру при впорскуванні ;

$k_1 = 2,25$ - відношення ходу шнека до діаметру.

Діаметр шнека, враховуючи пластикаційну здатність:

$$D_2 = \left(\frac{q_{nl}}{1,05} \right)^{\frac{1}{2,5}} \cdot 10^{-2} = \left(\frac{45}{1,05} \right)^{\frac{1}{2,5}} \cdot 10^{-2} = 0,045 м = 45 мм. \quad (1.28)$$

Визначаємо діаметр поршня гідроциліндра:

$$D_{II} = \left(\frac{P_{\pi} \cdot D_1^2}{P_{\pi\pi}} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{200 \cdot 10^6 \cdot 0,050^2}{7,5 \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,14 м. \quad (1.29)$$

Приймаємо $D_{II} = 140 мм$.

Визначаємо діаметр шнека по D_{II} :

$$D_3 = \left(\frac{P_{\pi\pi} \cdot D_{II}^2}{P_{\pi}} \right)^{1/2} = \left(\frac{7,5 \cdot 10^6 \cdot 0,14^2}{200 \cdot 10^6} \right)^{1/2} \approx 0,050 м = 50 мм. \quad (1.30)$$

Приймаємо діаметр шнека з ряду стандартних значень: $D = 50 мм$.

Визначаємо фактичний тиск лиття при номінальному значенні діаметра шнека та поршня:

$$P_{\phi} = \frac{P_{\pi\pi} \cdot D_{II}^2}{D_H^2} = \frac{7,5 \cdot 10^6 \cdot 0,14^2}{0,05^2} = 190 МПа. \quad (1.31)$$

Хід шнека:

$$H_{III} = \frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot D_H^2} = \frac{4 \cdot 63 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,05^2} \approx 0,05 м = 50 мм. \quad (1.32)$$

Приймаємо хід шнека $H_{III} = 50 мм$.

Об'єм гідроциліндра інжекції:

$$V_{инж.} = \frac{\pi \cdot D_{II}^2}{4} \cdot H_{III} = \frac{3,14 \cdot 0,14^2}{4} \cdot 0,50 = 8,04 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \quad (1.33)$$

Потужність приводу:

$$N_{\partial в.} = 0,736 \cdot c \cdot D^m = 0,736 \cdot 0,15 \cdot 50^{2,5} \approx 15 \text{ кВт}. \quad (1.34)$$

Крутний момент шнека:

$$M_{кр} = \frac{9,55 \cdot N}{n_{ср}} = \frac{9,55 \cdot 15 \cdot 10^3}{90} = 571,39 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (1.35)$$

Крутний момент на валу гідродвигуна:

$$M_{\partial в} = \frac{M_{кр}}{i \cdot \eta_{II}} = \frac{571,39}{20 \cdot 0,95} = 43,55 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (1.36)$$

де $i = 20$ - передаточне відношення,

$\eta_{II} = 0,95$ - ККД механічної передачі.

По $M_{\partial в}$ вибираємо модель гідродвигуна, де номінальний крутний момент

$$M_{кр} = 60 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad n = 1500 \text{ об / хв}.$$

Розрахунок параметрів поступального руху шнека

Об'ємна швидкість упорскування:

$$Q_{впр.} = K_{yml} \cdot K_{сж} \cdot \frac{V_n}{t_{впр}} = 1,3 \cdot \frac{63 \cdot 10^{-6}}{2} = 1,40 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (1.37)$$

Потужність поступального руху шнека:

$$N = \frac{K_{пер} \cdot K_{ум2} \cdot P_{л} \cdot Q_{впр}}{\eta} = \frac{0,75 \cdot 1,05 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 1,40 \cdot 10^{-4}}{0,9} = 27,63 \text{ кВт}. \quad (1.38)$$

1.1.4 Розрахунок потужності приводу обертового руху черв'яка інжекційного вузла

Розрахунок проводимо згідно [3]:

Потужність визначимо за формулою:

$$N_1 = \frac{\pi^{3*} (t-e) l_{доз} \cdot I \cdot \mu_{\kappa} \cdot n^2}{36 \cdot t} + \frac{\alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6} \quad (1.39.)$$

де

$$I = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{3,14^2 \cdot 50^2 - 4 \cdot 50^2}{3,14^2} + \frac{3,14^2 \cdot 50^5}{50^2 + 3,14^2 \cdot 50^2} = 198248 \text{ мм} \quad (1.40)$$

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{\pi^{3*} (t-e) l_{доз} \cdot I \cdot \mu_{\kappa} \cdot n^2}{36 \cdot t} + \frac{\alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6} = \\ &= \frac{3,14^3 \cdot (50-5) \cdot 600 \cdot 198248 \cdot 7,9 \cdot 180 \cdot 120^2}{36 \cdot 50} \cdot 10^{-3} + \\ &+ \frac{6,47 \cdot 20 \cdot 120}{6} \cdot 10^{-5} = 5,8 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (1.41)$$

n – кількість обертів черв'яка за хвилину;

μ - в'язкість в каналі, (Па·с),

α - коефіцієнт прямого потоку, мм³,

ΔP - тиск в зоні, МПа

Швидкість зсуву в гвинтовому каналі:

$$\gamma_k = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{120 \cdot h_2 \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2 \cdot t^2}} = \frac{3.14^2 \cdot 50^2 \cdot 120}{120 \cdot 4,1 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot 50^2 + 2 \cdot 50^2}} = 57 c^{-1} \quad (1.42)$$

Потужність затрачувана в зазорі:

$$N_2 = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot l_{\text{доз}} \cdot M_3 \cdot n^2}{36 \cdot \delta \cdot t} \cdot 10^{-3} = \frac{3,14^3 \cdot 50^3 \cdot 5 \cdot 600 \cdot 9,7 \cdot 10^2 \cdot 85^2}{36 \cdot 0,125 \cdot 50} \cdot 10^{-3} = 2,38 \text{ кВт} \quad (1.43)$$

Швидкість зсуву в зазорі

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot \delta} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 85}{60 \cdot 0,125} = 2135 c^{-1} \quad (1.44)$$

Звідки в'язкість в зазорі приймаємо $\mu_3 = 9,7 \cdot 10^2 \text{ Па} \cdot \text{с}$

$$N_{\text{доз}} = N_1 + N_2 = 5,8 + 2,38 = 8,18 \text{ кВт} \quad (1.45)$$

$N_{\text{доз}}$ – потужність затрачувана в зоні дозування

$$N_{\text{ч}} = 3 N_{\text{доз}} = 3 \cdot 8,18 = 24,54 \text{ кВт} \quad (1.46)$$

$N_{\text{ч}}$ – потужність черв'яка

Потужність гідродвигуна:

$$N = \frac{N_{\text{ч}}}{\eta} = \frac{24,54}{0,7} = 35,06 \text{ кВт} \quad (1.47)$$

η - КПД приводу = 0,7

Так як потужність в гвинтовому каналі витрачається не тільки в зоні дозування, а ще й зоні пластикації, зоні стиснення, зоні завантаження тоді користуючись літературою [5] вибираємо гідродвигун лопатевий 6Г12-25А з потужністю $N=45 \text{ кВт}$ та частотою обертання $n=1500 \text{ об/хв}$.

1.1.5 Розрахунок на міцність запропонованої модернізації інжекційного пристрою машини для лиття під тиском методом СЕ

Проведено розрахунок на міцність запропонованої модернізації інжекційного вузла машини для лиття під тиском. Механічна задача була направлена на вирішення питання міцності модернізованого вузла. Отримано компоненту напруження деформації гільзи вузла машини для лиття під тиском на базі отриманих компонентів скінченних елементів. Розраховано модернізацію розрахункової деталі. Загальний вид гільзи, граничні умови приведенні на (Рисунок 1.3, Рисунок 1.4). 3D-модель гільзи була виконана за допомогою електронно-обчислювальної системи: AutoLisp. Текст програми у Додатку.

Гільза уявляє собою деталь, що навантажена внутрішнім тиском $P=200\text{МПа}$;

Матеріал гільзи - Сталь 38ХМЮА.

$\sigma(B)=1100\text{ МПа}$ – границя міцності;

$\sigma(T)=910\text{ МПа}$ – границя текучості.

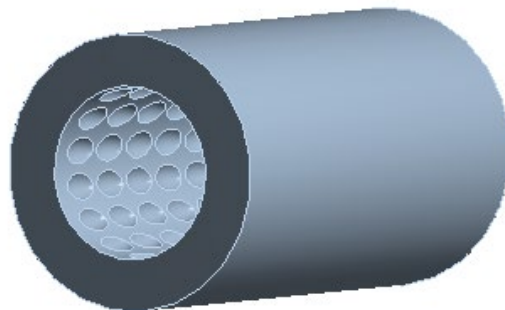


Рисунок 1.3 – Розрахункова гільза модернізації

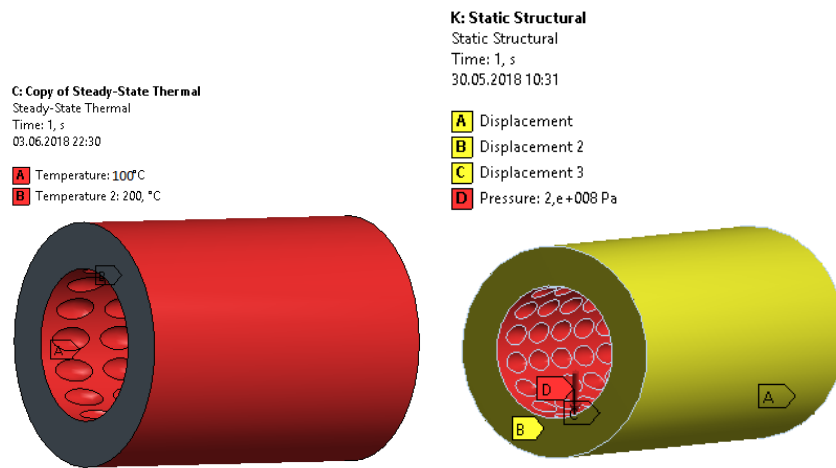
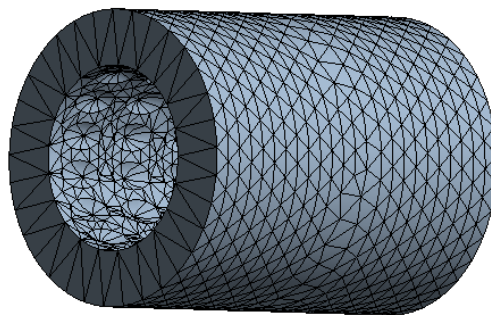


Рисунок 1.4 – Граничні умови

В системі ANSYS побудовано скінченно-елементну модель досліджуваного об'єкту (Рисунок 1.5).



Кількість скінченних елементів - 9900; вузлів – 17200

Рисунок 1.5 – Розрахункова сітка скінчених елементів

Гільза знаходиться в умовах внутрішнього тиску з максимальною інтенсивністю 200 МПа.

Як показує результат розрахунку (Рисунок 1.6, Рисунок 1.7, Рисунок 1.8) напруження по Mises не перетинають границю текучості (910 МПа) в діапазоні текучості від 5.56 до 651.7.

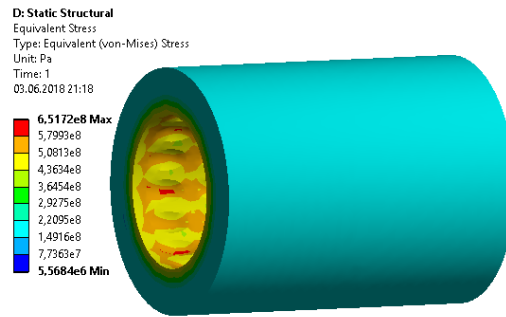


Рисунок 1.6 – Еквівалентні напруження von Mises

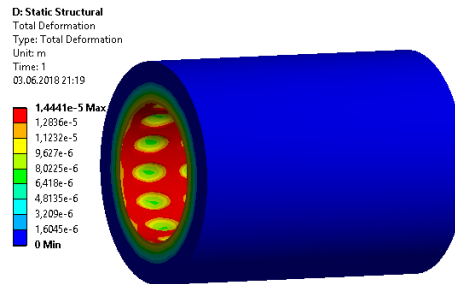


Рисунок 1.7 – Еквівалентна деформація

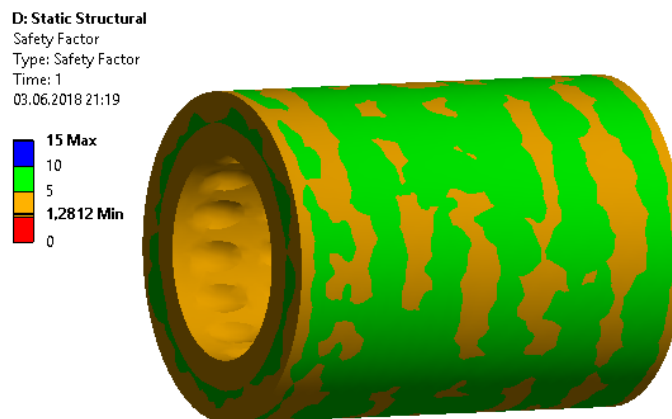


Рисунок 1.8 – Запас міцності

При цьому запас міцності гільзи склав 1,28. У зв'язку з цим можна рекомендувати пропоновану модернізацію до використання у виробництві.

Оскільки за даної конструкції зворотного кільцевого клапана інжекційного вузла машини для лиття під тиском, досягається суттєве підвищення змішувальної ефективності за умов запобігання втрат тиску при заповненні прес - форми.

2 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Переробка полімерів на машинах для лиття під тиском супроводжується складними тепловими процесами.

Проте через відсутність надійних експериментальних досліджень теплових процесів у машинах для лиття і установках не можна скласти закінченої і докладної методики розрахунків теплових процесів і режимів, тому розглянемо тільки деякі питання теплообміну в машинах для лиття під тиском.

Розрахунок проведено згідно [4]:

Вихідні дані:

Початкова температура матеріалу, °C	40
Кінцева температура матеріалу, °C	220

Тепловий баланс інжекційного вузла машини для лиття під тиском можна представити як:

$$Q_N + Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_{нач}) + Q_{ном}, \quad (2.1)$$

де Q_N - енергія що виділяється при вживанні потужності,

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2, \quad (2.2)$$

$N=45$ кВт – потужність встановленого гідродвигуна,

$\eta_1=0.6$ – ККД приводу машини,

$\eta_2=0.9$ – ККД електродвигуна,

$$Q_N = 45 \cdot 0.6 \cdot 0.9 = 24.3 \text{ кВт}, \quad (2.3)$$

де Q_{N1} – кількість тепла, що підводиться до корпусу електронагрівачами,

$G_M = 91$ кг/год = $91/3600 = 0,025$ кг/с – продуктивність литтєвої машини по поліетилену,

$C_M = 2.2$ кДж/(кг °C) – теплоємність поліетилену,

$t_{кін} = 220^\circ \text{ C}$ – температура до котрої потрібно нагріти матеріал,

$t_{\text{поч}} = 40^{\circ} \text{ C}$ - температура з якою матеріал надходить у машину,

$Q_{\text{пот}}$ – утрати тепла в навколишнє середовище,

$$Q_{\text{пот}} = Q_K + Q_{\text{изл}}, \quad (2.4)$$

де Q – втрати тепла в навколишнє середовище конвекцією,

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (t_{\text{кож}} - t_{\text{возд}}), \quad (2.5)$$

$Q_{\text{изл}}$ – втрати тепла в навколишнє середовище випромінюванням,

$$Q_{\text{изл}} = 4.9 \cdot E \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (2.6)$$

де $t_{\text{кож}} = 45^{\circ} \text{ C}$ - температура поверхні кожуха машини,

$t_{\text{возд}} = 20^{\circ} \text{ C}$ - температура навколишнього повітря,

$T_1 = 318 \text{ K}$ - абсолютна температура поверхні кожуха,

$T_2 = 293 \text{ K}$ - абсолютна температура навколишнього повітря,

F - теплообмінна поверхня машини,

$$F = B \cdot L, \quad (2.7)$$

$E = 0.6$ - ступінь чорноти, для сталі,

$\alpha_{\text{до}}$ - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпуса литтєвої машини в навколишнє середовище конвекцією,

$$\alpha_K = Nu \cdot \frac{\lambda}{L}, \quad (2.8)$$

де Nu - критерій Нуссельта,

$U = 0.27 \text{ м}$ - діаметр кожуха машини,

$\lambda = 2.33 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{ч}^{\circ}\text{град)}$,

$L = 2.22 \text{ м}$ - довжина теплообмінної поверхні,

$F = 0.27 \cdot 2.22 = 0.59 \text{ м}^2$,

Критерій Нуссельта визначаємо з рівняння:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n, \quad (2.9)$$

де Gr - критерій Грасгофа,

$$Gr = \frac{g \cdot h^3 \cdot \beta \cdot \Delta t}{\nu^2}, \quad (2.10)$$

β - коефіцієнт об'ємного розширення,

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{cp}}, \quad (2.11)$$

$Pr=0.7$ - критерій Прандтля,

$\nu=16.48 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}^2$ - коефіцієнт кінематичної густини,

Визначимо значення розрахункової температури:

$$t_p = \frac{t_{\text{кож}} + t_{\text{возд}}}{2} = \frac{45 + 20}{2} = 32.5^\circ\text{C}, \quad (2.12)$$

$$\beta = \frac{1}{273 + 32.5} = 3.27 \cdot 10^{-3},$$

$$Gr = \frac{9.81 \cdot 2,22^3 \cdot 3.27 \cdot 10^{-3} \cdot (45 - 20)}{(16.48 \cdot 10^{-6})^2} = 3,23 \cdot 10^{10},$$

$$Gr \cdot Pr = 3,23 \cdot 10^{10} \cdot 0.7 = 2,26 \cdot 10^{10}, \quad (2.13)$$

Підставивши значення $C=0.54$ і $n=1/4$ у рівняння для визначення критерію Нуссельта, одержимо:

$$Nu = 0.54 \cdot (2,26 \cdot 10^{10})^{\frac{1}{4}} = 209.4; \quad (2.14)$$

$$\alpha_K = 209.4 \cdot \frac{2.35 \cdot 10^{-2}}{2,22} = 22.2 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}, \quad (2.15)$$

$$Q_K = (12,2 \cdot 0,59 \cdot (45 - 20)) = 179 \text{ Вт}, \quad (2.16)$$

$$Q_{\text{изл}} = 4.9 \cdot 0.6 \cdot 0,59 \cdot \left(\left(\frac{318}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 208 \text{ Вт}, \quad (2.17)$$

$$Q_{\text{ном}} = 179 + 208 = 387 \text{ Вт}, \quad (2.18)$$

Кількість тепла, що необхідно підвести до машини електронагрівачами визначимо із рівняння $Q_N + Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_{нач}) + Q_{ном}$,
(2.1):

$$Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_{іа\pm}) + Q_{іі\dot{o}} - Q_N, \quad (2.19)$$

Таким чином, розрахунки показали, що для підтримання теплового балансу не вистачає

$$Q_{N1} = 24,3 - (0,025 \times 2,2 \times (200 - 0) + 0,387) = 12,91 \text{ кВт.} \quad (2.20)$$

Отже для того, щоб пристрій був працездатний необхідно доповнити сопло машини для лиття під тиском додатковими нагрівачами, потужність яких за попередніми розрахунками становить не менше 13 кВт потужності, щоб забезпечити технологічний процес лиття під тиском.

3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ В ПРОГРАМІ MOLDFLOW

В ході виконання розрахунку розроблено 3D-модель ємності для зберігання харчових продуктів. На рисунку 3.1 зображено ескіз моделі, та на рисунку 3.2 - 3D-модель відповідно.

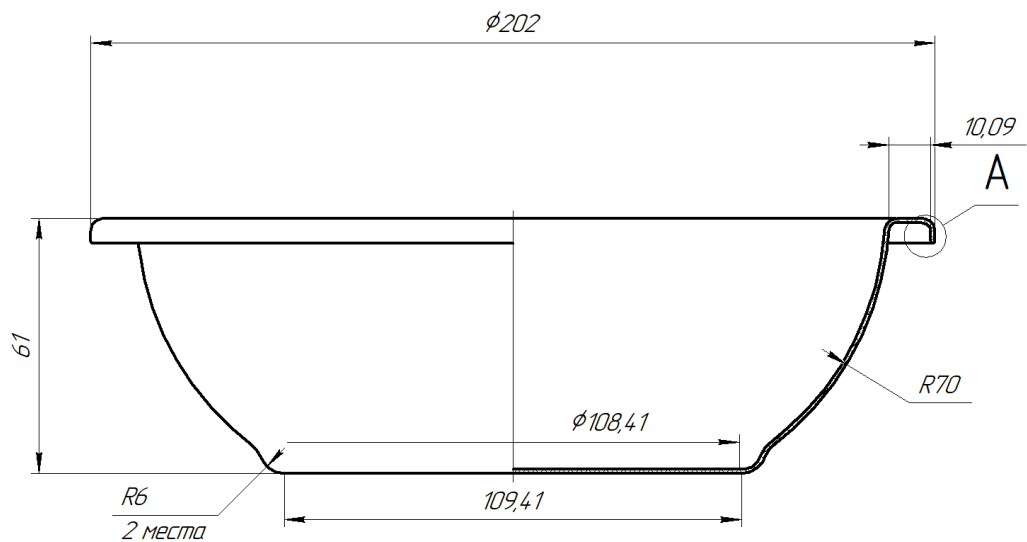


Рисунок 3.1 – Ескіз моделі

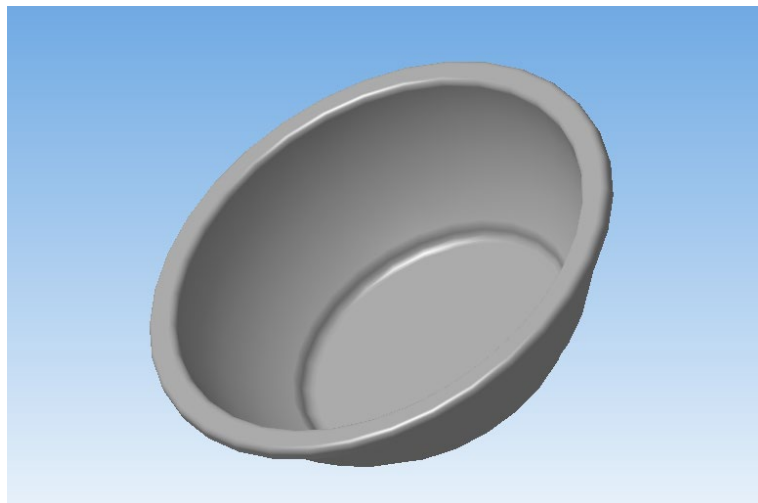


Рисунок 3.2 – 3D-модель

В програмі Moldflow імпортовану модель було дискретизовано скінченними елементами (рисунок 3.3) та визначено точку вприску матеріалу в форму. Перероблюваний матеріал марки LDPE4012: Dow Chemical USA. Підготовлений матеріал, що подається в машину має температуру 40°C , а перероблюється до температури 220°C .

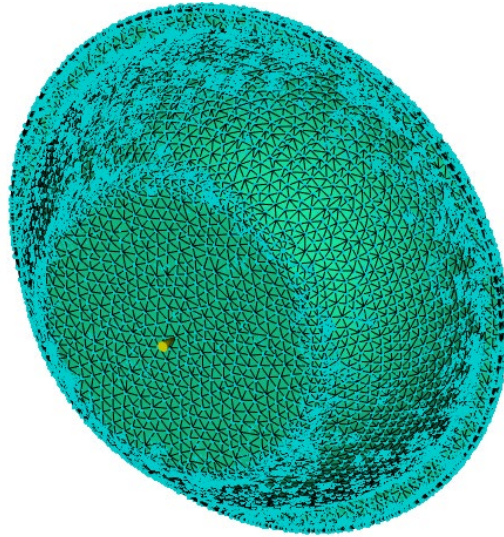


Рисунок 3.3 – Дискретизація скінченними елементами

Під час розрахунків було визначено час заповнення прес-форми, максимальний тиск інжекції, значення об'ємної усадки, зусилля змикання та час перебування матеріалу у формі.

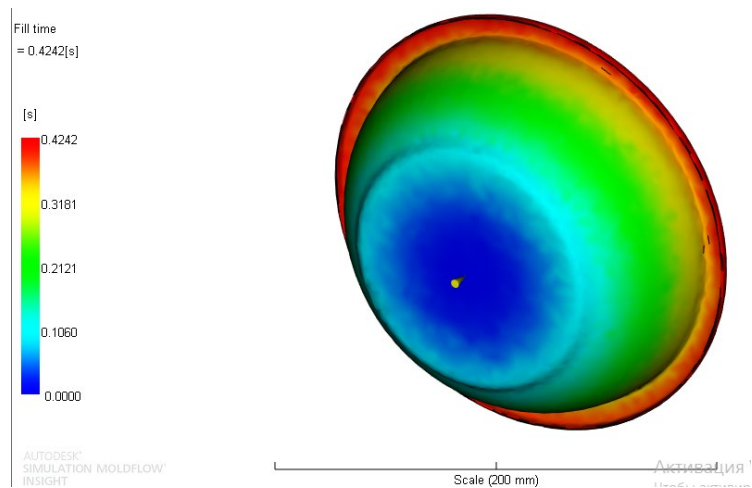


Рисунок 3.4 – Час заповнення прес-форми

З результатів розрахунку видно, що час заповнення прес-форми складає 0,4242 секунди.

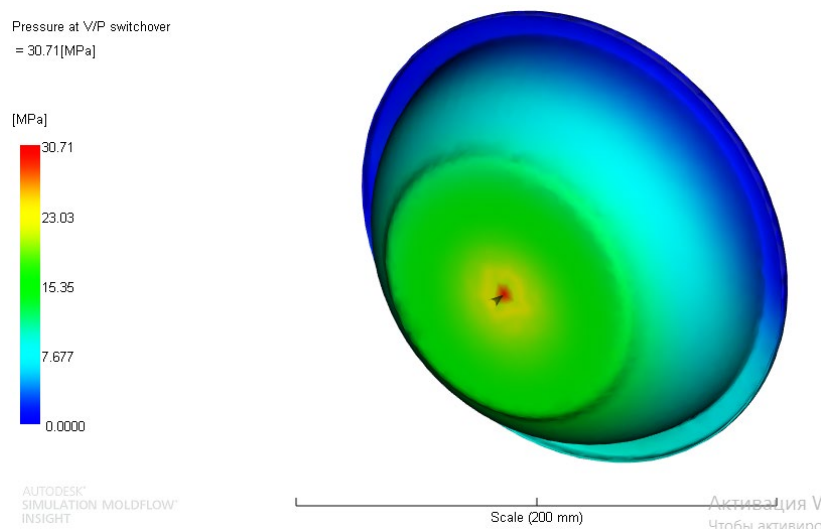


Рисунок 3.5 – Тиск інжекції

Максимальний тиск інжекції становить 30,71 МПа. Тобто чим далі від точки вприску, тим тиск менший. Це означає, що для отримання якісного виробу необхідно дотримуватись встановлених режимів інжекції.

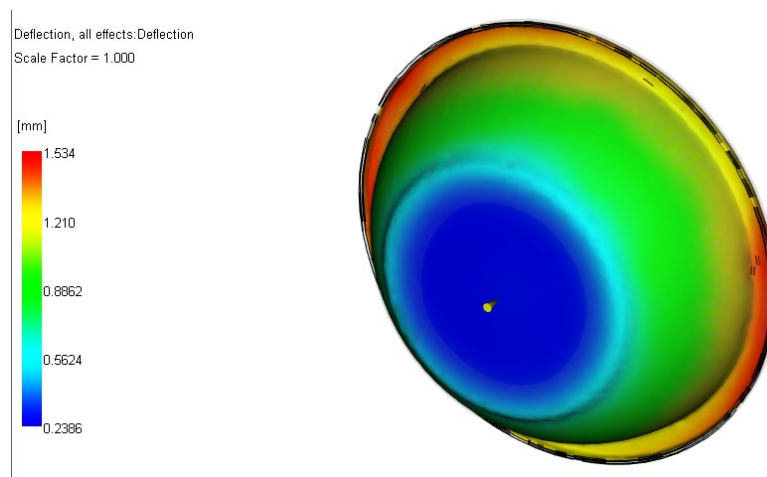


Рисунок 3.6 – Значення об'ємної усадки

Значення об'ємної усадки складає від 0,2366 до 1,534 мм в залежності від віддалення від точки вприску.

Проаналізувавши результати розрахунків та характеристики конструкції термопластавтомата з об'ємом вприску 63 см³ зрозуміло, що теромпласт ТП-63 придатний до лиття данної ємності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Басов Н.І. Розрахунки і конструювання обладнання для виробництва і переробки полімерних матеріалів. Посібник для вузлів. / Басов Н.І., Казанков Ю.В., Любертович В.А./М.:Химия, 1986.-488с., ил.

2. Гурович С.Г., Ильяшенко Г.А., Мочман Ш.Е. «Розрахунки і конструювання машин для переробки пластичних матеріалів», «М., Машинобудування», 1970, 296с.

3. Загородній В.К. «Литтєві машини для термопластів і реактопластів», довідковий посібник – М: «машинобудування», 1968 – 376 стор.

4. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування “Теплові розрахунки машин для переробки полімерів”. К., КПІ, 1992.

5. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. «Червячні машини для переробки пластичних мас і гумових сумішей», М.Машинобудування, 1965 – 345 с.

ДОДАТОК

Проектування параметризації змішувального елемента корпусу за допомогою AutoLisp

3d – модель:

```
(defun c:3d()
  (load "ramka.lsp")
  (command "_erase" "_all" "")
  (command "_ucs" "_g" "_t" "")
  (setq BP (getpoint "koordynaty x,y,z tochky PB:\n"))
  (setq l1 15)
  (setq l2 150)
  (setq l3 3)
  (setq l4 28)
  (setq d1 50)
  (setq r1 (/ d1 2))
  (setq pi2 (/ pi 2))
  (setq pi1.5 (* 3 (/ pi 2)))
  (setq P1 BP
    P2 (polar BP pi2 r1)
    P3 (polar P2 pi2 l1)
    P4 (polar P3 0 l2)
    P5 (polar P2 0 l2)
    P6 (polar P1 0 l2)
    O1 (Polar P2 pi1.5 (/ l3 1.5))

    P7 (polar O1 0 (* 2 l3))
```

P8 (polar O1 0 14)

```
)  
(command "_pline" P2 P3 P4 P5 "_c")  
(setq pl1 (entlast))  
(command "_revolve" pl1 "" BP P6 360 "")  
(setq rp1 (entlast))  
  
(command "_pline" P7 "_a" "_a" -90 P8 "_l" "_cl")  
(setq pl2 (entlast))  
  
(command "_revolve" pl2 "" P7 P8 360 "")  
  
(setq bag (ssadd))  
(setq rp3 (entlast))  
(command "_array" rp3 "" "_r" "1" "5" "30")  
(while rp3 (ssadd rp3 bag) (setq rp3 (entnext rp3)))  
(command "_ucs" "_g" "_l" "")  
(setq rp2 (entlast))  
(setq bag2 (ssadd))  
(command "_array" bag "" "_P" BP 7 360 "_n" "")  
(while rp2 (ssadd rp2 bag2) (setq rp2 (entnext rp2)))  
  
(command "_subtract" rp1 "" bag bag2 "")  
)
```

2d:

```
(defun c:2d()  
  (load "ramka.lsp")  
  (command "_erase" "_all" "")  
  (command "_ucs" "_g" "_t" "")  
  (setq BP (getpoint "koordinaty x,y tochky BP:\n"))  
  (setq l1 10)  
  (setq l2 105)  
  (setq l3 3)  
  (setq l4 11)
```



```

(setq l5 4.5)
(setq l6 15)
(setq d1 50)
(setq d2 70)
(setq r1 (/ d1 2))
(setq pi2 (/ pi 2))
(setq pi1.5 (* 3 (/ pi 2)))
(setq P1 BP
      P2 (polar BP pi2 r1)
      P3 (polar P2 pi2 l1)
      P4 (polar P3 0 l2)
      P5 (polar P2 0 l2)
      P6 (polar P1 0 l2)
      p7 (polar P2 0 (* l3 2))
      P8 (polar p7 0 l4)
      P9 (list (+ (car p7)(/ l4 2))
              (+ (cadr p7)l5))
      p11 (polar p7 pi1.5 10.5)
      p10 (polar p11 0 (/ l4 1.93))
      P12 (polar p11 0 l4)
      p13 (polar p10 pi1.5 (* 0.95 l6))
      p14 (polar p13 pi (/ l4 2))
      P15 (polar p14 0 l4)
      p16 (polar p8 0 5)
      p17 (polar p16 0 l4)
      p18 (polar p17 0 5)
      p19 (polar p18 0 l4)
      p20 (polar p19 0 5)
      p21 (polar p20 0 l4)
      p22 (polar p21 0 5)
      p23 (polar p22 0 l4)
      p24 (polar p23 0 5)
      p25 (polar p24 0 l4)
      p26 (list (+ (car p11)(/ l4 2))
              (+ (cadr p11)l5))
      p27 (polar p10 pi1.5 l5)
      )

```

```

(setvar "LTSCALE" 1)

```

```

(command "_layer" "_m" "osn" "_c" "white" "osn" "_lw" "0.5" "osn" "")
(command "_pline" P1 P2 P3 P4 P5 P6 "")
(setq pl1 (entlast))
(command "_mirror" pl1 "" P1 P6 "")
(setq mir1 (entlast))
(command "_line" P2 P7 "")
(setq l1 (entlast))
(command "_mirror" l1 "" P1 P6 "")
(setq mir2 (entlast))
(command "_line" P8 P16 "")
(setq l2 (entlast))
(command "_mirror" l2 "" P1 P6 "")
(setq mir3 (entlast))
(command "_line" P17 P18 "")
(setq l3 (entlast))
(command "_mirror" l3 "" P1 P6 "")
(setq mir4 (entlast))
(command "_line" P19 P20 "")
(setq l4 (entlast))
(command "_mirror" l4 "" P1 P6 "")
(setq mir5 (entlast))
(command "_line" P21 P22 "")
(setq l5 (entlast))
(command "_mirror" l5 "" P1 P6 "")
(setq mir6 (entlast))
(command "_line" P23 P24 "")
(setq l6 (entlast))
(command "_mirror" l6 "" P1 P6 "")
(setq mir7 (entlast))
(command "_line" P25 P5 "")
(setq l7 (entlast))
(command "_mirror" l7 "" P1 P6 "")
(setq mir8 (entlast))

(command "_pline" P7 "_a" "_a" -90 P8 "_l" "")
(setq pl2 (entlast))
(command "_pline" P7 "_a" "_a" 90 p8 "_l" "")
(setq pl3 (entlast))
(command "_pedit" "_m" pl2 pl3 "" "_j" 0 "")

```

```
(setq bag (ssadd))  
(setq rp3 (entlast))  
(command "_array" rp3 "" "_r" "1" "6" "16")  
(while rp3 (ssadd rp3 bag) (setq rp3 (entnext rp3)))
```

```
(command "_mirror" pl2 "" P1 P6 "")  
(setq mir9 (entlast))  
(command "_mirror" pl3 "" P1 P6 "")  
(setq mir10 (entlast))  
(command "_pedit" "_m" mir9 mir10 "" "_j" 0 "")
```

```
(setq bag2 (ssadd))  
(setq rp4 (entlast))  
(command "_array" rp4 "" "_r" "1" "6" "16")  
(while rp4 (ssadd rp4 bag2) (setq rp4 (entnext rp4)))
```

```
(command "_ellipse" "_c" p10 p12 2.5 "")  
(setq el1 (entlast))
```

```
(setq bag3 (ssadd))  
(setq rp5 (entlast))  
(command "_array" rp5 "" "_r" "1" "6" "16")  
(while rp5 (ssadd rp5 bag3) (setq rp5 (entnext rp5)))
```

```
(command "_mirror" el1 "" P1 P6 "")
```

```
(setq bag4 (ssadd))  
(setq rp6 (entlast))  
(command "_array" rp6 "" "_r" "1" "6" "16")  
(while rp6 (ssadd rp6 bag4) (setq rp6 (entnext rp6)))
```

```
(command "_ellipse" "_c" p13 p15 3 "")
```

```
(setq bag5 (ssadd))  
(setq rp7 (entlast))  
(command "_array" rp7 "" "_r" "1" "6" "16")  
(while rp7 (ssadd rp7 bag5) (setq rp7 (entnext rp7)))
```

;oci

```
(command "_layer" "_m" "osi" "_lt" "center" "osi" "_c" "_red" "osi" "")  
(command "_pline" (polar P1 pi 5) (polar P6 0 5) "")  
(command "_pline" (polar P11 pi 2) (polar P11 0 93) "")  
(command "_pline" (polar (SP P11) pi 2) (polar (SP P11) 0 93) "")
```

```
(command "_pline" (polar P9 pi2 2) (polar (SP P9) pi1.5 2) "")  
(setq bag6 (ssadd))  
(setq rp8 (entlast))  
(command "_array" rp8 "" "_r" "1" "6" "16")  
(while rp8 (ssadd rp8 bag6) (setq rp8 (entnext rp8)))
```

; штрихування

```
(command "_layer" "_m" "shtr" "_c" "_green" "shtr" "_lw" "0.25" "shtr" "")  
(command "_bhatch" "_p" "ANSI31" "3" "0" (polar P9 pi2 l3) (polar (SP P9) pi1.5 l3) "")
```

;розміри

```
(command "_layer" "_m" "razm" "_c" "_blue" "razm" "_lw" "0.25" "razm" "")  
(setvar "DIMTXT" 10)  
(setvar "DIMASZ" 4)  
(setvar "DIMTAD" 1)  
(setvar "DIMGAP" 1.5)  
(command "_dim" )  
(command "_hor" (SP P3) (SP P4) (polar(SP P3) pi1.5 l1) (rtos l2 2 0))  
(command "_hor" P14 P415 (polar P14 pi1.5 l3)(rtos l4 2 0))  
(command "_ver" P27 (SP P27) (polar BP pi l3) (rtos 6 2 0))  
(command "_ver" P6 (SP P6) (polar BP pi (* l3 2)) (strcat "%%c" (rtos D1 2 0)))  
(command "_ver" P3 (SP P3) (polar BP pi (* l3 3)) (strcat "%%c" (rtos D2 2 0)))  
(command "_exit" )  
)
```

Текст програми мовою DCL:

```
dial_pr:dialog{label="Діалогове вікно";  
:image{color=0;width=40;aspect_ratio=1;key="slide";}  
:boxed_column{label="Параметры";  
:boxed_column{label="Диаметры";  
:row{
```

```

:spacer{width=5;}
:edit_box {label="D1=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_D1";}
:spacer{width=5;}
:edit_box {label="D2=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_D2";}
:spacer{width=5;}}
}
:boxed_column{label="Длины";
:row{
:edit_box {label="L1=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L1";}
:edit_box {label="L2=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L2";}
:edit_box {label="L3=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L3";}
:edit_box {label="L4=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L4;"},"
:row{
:spacer{width=5;}
:edit_box {label="L5=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L5";}
:spacer{width=5;}
:edit_box {label="L6=";edit_width=5;edit_limit=5;key="_L6;"},"
:spacer{width=5;}}
}
:boxed_column{
:row{
:popup_list {edit_width=10;key="MS";}
:button{label="Сброс";key="reset";}
:button{label="Проверка";key="test;"},"
:row{
:button{label="3D";key="3D";}
:button{label="2D";key="2D";}
:button{label="Отмена";key="cancel";is_default=true;"},"
}
}
}
}

```

Текст программы мовою AutoLISP:

```

(defun c:dialk()
  (setq dir "c:\\Users\\Mikel\\Desktop\\dialk\\")
  (data)

```

```

(dial)
(if (= st_dl 2)
  (progn
    (load (strcat dir "2d(1).LSP"))
    (c:2d)
  )
)
(if (= st_dl 3)
  (progn
    (load (strcat dir "3d_tania.LSP"))
    (c:3d)
  )
)
(princ)
)
(defun data()
  (setq nab_isx '("_L1" "_L2" "_L3" "_L4" "_L5" "_L6" "_D1" "_D2"))
  (setq nab_dan '(10.0 105.0 3.0 11.0 4.5 15.0 50.0 70.0))
  (setq nab_rab '("L1" "L2" "L3" "L4" "L5" "L6" "D1" "D2"))
  (setq masch 1)
  (mapcar '(lambda (isx dan)
    (set (read isx) dan)
  )
    nab_isx
    nab_dan
  )
)
(defun dial()
  (setq rf (load_dialog (strcat dir "dial.DCL")))
  (new_dialog "dial_pr" rf)
  ;Чтение из файла
  (if (findfile (strcat dir "Dan.txt")) (load (strcat dir "Dan.txt")))
  ;Вызов слайда
  (setq xmax (dimx_tile "slide") ymax (dimy_tile "slide"))
  (start_image "slide")

```

```

(slide_image 0 0 xmax ymax (strcat dir "slide.sld"))
(end_image)
;Установка значений
(foreach n nab_isx (set_tile n (rtos (eval (read n)) 2 2)))
;Блокировка клавиш
(gas_ok 1)
;Ввод масштабов
(setq nab_mas '("M1:5" "M1:4" "M1:2,5" "M1:2" "M1:1"))
(setq nab_masch '(0.2 0.25 0.4 0.5 1.0))
(start_list "MS") (mapcar 'add_list nab_mas) (end_list)
(setq masch (nth 3 nab_masch)) (set_tile "MS" "3")
;Выполнение при входе в поле
(foreach n nab_isx (action_tile n (strcat "(progn (setq " n " (atof $value))(gas_ok 1)))))

;Присвоение значений кнопкам
(action_tile "MS" "(setq masch (nth (atoi $value) nab_masch)) ")
(action_tile "reset" "(progn (data)(foreach n nab_isx (set_tile n (rtos (eval (read n)) 2 2))))")
(action_tile "test" "(prov_vv)")
(action_tile "3D" "(done_dialog 3)")
(action_tile "2D" "(done_dialog 2)")
(action_tile "cancel" "(done_dialog 0)")
(setq st_dl (start_dialog))
(if (> st_dl 0)
  (progn
;Запись в файл
    (setq f (open (strcat dir "Dan.txt") "w"))
    (princ "(setq \n" f)
    (foreach n nab_isx (princ (strcat " " n " " (rtos (eval (read n))) "\n" ) f))
    (princ ") \n" f)
    (close f)
;Определение файлов с учетом масштаба
    (if (= st_dl 3) (setq masch 1.0))
    (maschtab masch)
  )
)

```

```

)
(defun gas_ok($k)
  (mode_tile "3D" $k) (mode_tile "2D" $k)
)
(defun prov_vv()
; Проверка ввода
  (setq prov 0)
  (if (and (> _D1 60) (< prov 1))
    (progn (alert (strcat "Значение D1=" (rtos _D1) " должно быть меньше либо равно 60"))
      (setq prov (+ 1 prov)))
    )
  (if (and (< _D1 40) (< prov 1))
    (progn (alert (strcat "Значение D1=" (rtos _D1) " должно быть больше либо равно 40"))
      (setq prov (+ 1 prov)))
    )
  (if (and (>= _D2 90) (< prov 1))
    (progn (alert (strcat "Значение D2=" (rtos _D2) " должно быть меньше либо равно 90"))
      (setq prov (+ 1 prov)))
    )
  (if (and (<= _D2 60) (< prov 1))
    (progn (alert (strcat "Значение D2=" (rtos _D2) " должно быть больше либо равно 60"))
      (setq prov (+ 1 prov)))
    )
  (if (and (> _L1 10) (< prov 1))
    (progn (alert (strcat "Значение L1=" (rtos _L1) " должно быть меньше либо равно 10"))
      (setq prov (+ 1 prov)))
    )
  (if (and (< _L1 5) (< prov 1))
    (progn (alert (strcat "Значение L1=" (rtos _L1) " должно быть больше либо равно 5"))
      (setq prov (+ 1 prov)))
    )
  (if (and (>= _L2 110) (< prov 1))
    (progn (alert (strcat "Значение L2=" (rtos _L2) " должно быть меньше либо равно 110"))
      (setq prov (+ 1 prov)))
    )
)

```



```

(if (and (< _L2 100) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L2=" (rtos _L2) " должно быть больше либо равно 100"))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (>= _L4 12) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L4=" (rtos _L4) " должно быть меньше 12"))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (< _L4 10) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L4=" (rtos _L4) " должно быть больше либо равно 10"))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (> _L6 20) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L6=" (rtos _L6) " должно быть меньше либо равно 20"))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (and (< _L6 12) (< prov 1))
  (progn (alert (strcat "Значение L6=" (rtos _L6) " должно быть больше либо равно 12"))
    (setq prov (+ 1 prov)))
  )
(if (= prov 0)
  (progn
    (alert "В исходных данных ошибок не обнаружено")
    (gas_ok 0)
  )
  )
  )
  )
(defun mashtab ($ms)
  (mapcar '(lambda (rab isx)
    (set (read rab) (* (eval (read isx)) $ms))
  )
  nab_rab
  nab_isx
  )
  )
  )
(setq R1 (/ D1 2.0))

```

)